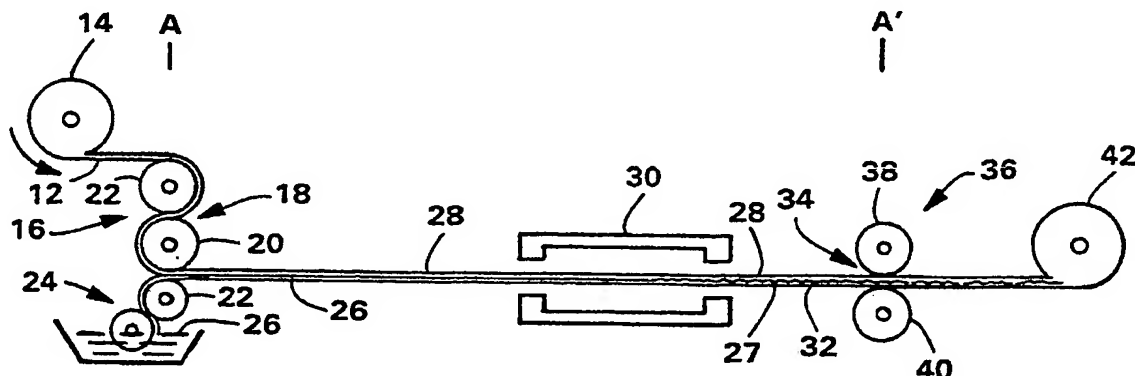




## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<b>(51) International Patent Classification <sup>6</sup>:</b> <b>D04H 13/00, B32B 5/04, 31/14</b>	<b>A1</b>	<b>(11) International Publication Number:</b> <b>WO 98/16677</b> <b>(43) International Publication Date:</b> 23 April 1998 (23.04.98)
<b>(21) International Application Number:</b> PCT/US97/18560 <b>(22) International Filing Date:</b> 10 October 1997 (10.10.97) <b>(30) Priority Data:</b> 60/028,353      11 October 1996 (11.10.96)      US 08/927,288      11 September 1997 (11.09.97)      US <b>(71) Applicant:</b> KIMBERLY-CLARK WORDWIDE, INC. [US/US]; 401 North Lake Street, Neenah, WI 54956 (US). <b>(72) Inventor:</b> MORMAN, Michael, Tod; 555 Kings Peak, Alpharetta, GA 30201 (US). <b>(74) Agents:</b> TULLEY, Douglas, H. et al.; Kimberly-Clark Worldwide, Inc., 401 North Lake Street, Neenah, WI 54956 (US).		<b>(81) Designated States:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Published</b> <i>With international search report.</i> <i>Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>

(54) Title: METHOD FOR FORMING AN ELASTIC NECKED-BONDED MATERIAL



## (57) Abstract

A method of making a stretchable composite by applying an elastomeric precursor (26) to a neckable material (12), neck-stretching the neckable material and heating the elastomeric precursor such as by heating, while the neckable material is in a necked condition. The elastomeric precursor (26) can comprise a latex or thermoset elastomer which is applied to the fibrous neckable material in an amount between 5 g/m<sup>2</sup> to about 50 g/m<sup>2</sup>.

**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

## METHOD FOR FORMING AN ELASTIC NECKED-BONDED MATERIAL

### FIELD OF THE INVENTION

5           The present invention relates to methods of forming elasticized materials. More particularly, the present invention relates to composite elastic neck-bonded materials and methods of making the same.

### BACKGROUND

10           Polymeric nonwoven webs formed by nonwoven extrusion processes such as, for example, meltblowing processes and spunbonding processes may be manufactured into products and components of products so inexpensively that the products could be viewed as disposable after only one or a few uses. Examples of such products include  
15           diapers, tissues, wipes, garments, mattress pads and feminine care products. There exists a continuing need for improved materials which are elastic, resilient, and flexible while still having a pleasing feel. A problem in fulfilling this need is that commercially viable elastic materials often feel rubbery.

          The unpleasant tactile properties of elastic materials may be avoided by forming a  
20           laminate comprising an elastic sheet with one or more nonelastic sheets which have a soft feel. However, nonwoven webs formed from nonelastic polymers having improved tactile properties such as, for example, polypropylene are generally considered nonelastic. The lack of elasticity usually restricts these nonwoven fabrics to applications where elasticity is not required. Nevertheless, laminates of elastic and nonelastic  
25           materials have been made by bonding the nonelastic material to the elastic material in a manner that allows the laminate to stretch and recover yet which retains the desirable tactile properties of the nonelastic material. Elastic laminates, comprising an elastic sheet and a soft nonelastic material, are typically incorporated into products such that the soft material will contact a person's skin or forms the outermost portion of the product.

30           In one such laminate, a nonelastic material is joined to an elastic material while the elastic material is in a stretched condition so that when the elastic material is relaxed, the nonelastic material gathers between the locations where it is bonded to the elastic material. The resulting composite elastic material is readily stretchable to the extent that the nonelastic material gathered between the bond locations allows the elastic material to

elongate. An example of this type of composite material is disclosed, for example, by U.S. Patent No. 4,720,415 to Vander Wielen et al.

Another elastic laminate known in the art includes those conventionally referred to as "neck-bonded" materials. Necked-bonded materials are generally fabricated by bonding an elastic member to a non-elastic member while the non-elastic member is narrowed or necked. Neck-bonded laminates provide a material which is stretchable in the necked direction, the necked direction is most commonly also the cross-machine direction. Examples of neck-bonded laminates are described in commonly assigned U.S. Patent Nos. 5,226,992 and 5,336,545 both to Morman. In addition, "reversibly necked materials" include materials which are stretchable to about the pre-necked dimensions and which, upon release of the stretching force, substantially recover to the necked dimensions unaided by additional materials. Such materials are typically formed by necking the material and treating the necked material, such as by heating and cooling the material, in order to impart memory of the necked dimensions to the material. Reversibly necked materials and methods of forming the same are disclosed in commonly assigned U.S. Patent No. 4,965,122 to Morman.

Due to the methods of making elastic laminates, such as those described above, there exists a variety of elastic materials having the requisite characteristics for use in forming the elastic laminate structure. Similarly, there likewise exists a variety of neckable materials which are suitable for use in forming the elastic laminate structure. However, due to the variety of elastic and neckable materials potentially used to form elastic laminates there exist certain combinations of elastic and neckable materials which, although having excellent physical characteristics, do not adhere well to the other layers of the laminate. Thus, there exists a need for necked bonded laminates, and methods of producing the same, having improved integrity as well as the desired tactile and elastic properties.

### DEFINITIONS

As used herein the term "spunbonded fibers" refers to small diameter fibers which are formed by extruding molten thermoplastic material as filaments from a plurality of fine, usually circular capillaries of a spinneret with the diameter of the extruded molten filaments then being rapidly reduced as described in, for example, in U.S. Patent 4,340,563 to Appel et al., and U.S. Patent 3,692,618 to Dorschner et al., U.S. Patent 3,802,817 to Matsuki et al., U.S. Patents 3,338,992 and 3,341,394 to Kinney, U.S. Patent

3,502,763 to Hartman, U.S. Patent 3,542,615 to Dobo et al; and U.S. Patent No. 5,382,400 to Pike et al. Spunbond fibers are then usually cooled and solidified so they are not tacky when they are deposited onto a collecting surface. Spunbond fibers are generally continuous and have average diameters (from a sample of at least 10) larger than 7 microns, more particularly, between about 10 and 40 microns.

As used herein the term "meltblown fibers" refers to fibers formed by extruding a molten thermoplastic material through a plurality of fine, usually circular, die capillaries as molten threads or filaments into converging high velocity, usually hot, gas (e.g. air) streams which attenuate the filaments of molten thermoplastic material to reduce their diameter, which may be to microfiber diameter. Thereafter, the meltblown fibers are cooled and carried by the high velocity gas stream and are deposited on a collecting surface to form a web of randomly disbursed meltblown fibers. Such a process is disclosed, for example, in U.S. Patent 3,849,241 to Butin et al.

As used herein "multilayer laminate" refers to a laminate wherein some of the layers are spunbond and some meltblown such as a spunbond/meltblown/spunbond (SMS) laminate and others as disclosed in U.S. Patent 4,041,203 to Brock et al., U.S. Patent 5,169,706 to Collier, et al, U.S. Patent 5,145,727 to Potts et al., U.S. Patent 5,178,931 to Perkins et al. and U.S. Patent 5,188,885 to Timmons et al. Such a laminate may be made by sequentially depositing onto a moving forming belt first a spunbond fiber layer, then a meltblown fiber layer and last another spunbond fiber layer and then bonding to form a laminate. Alternatively, the fabric layers may be made individually, collected in rolls, and combined in a separate bonding step. Such fabrics usually have a basis weight of from about 0.1 to about 12 ounces per square yard (about 3.4 to about 400 g/m<sup>2</sup>), or more particularly from about 0.75 to about 3 ounces per square yard (about 25 to about 101 g/m<sup>2</sup>). Multilayer laminates may also have various numbers of meltblown layers or multiple spunbond layers in many different configurations and may include other materials like woven layers, films or coform materials.

As used herein, the term "machine direction" or MD refers to the direction in which the neckable material is produced. The term "cross machine direction" or CD refers to the direction generally perpendicular to the MD.

As used herein the term "microfibers" refers to small diameter fibers having an average diameter not greater than about 100 microns, for example, having an average diameter of from about 0.5 microns to about 50 microns, or more particularly, microfibers desirably have an average diameter of from about 2 microns to about 40 microns.

As used herein, "ultrasonic bonding" refers to a process performed, for example, by passing the fabric between a sonic horn and anvil roll as illustrated in U.S. Patent 4,374,888 to Bornslaeger.

As used herein "thermal point bonding" involves passing a fabric or web of fibers to be bonded between a heated bonding assembly, such as a heated calender roll and a heated anvil roll. The calender roll is usually, though not always, patterned in some way so that the entire fabric is not bonded across its entire surface, and the anvil roll is usually smooth. As a result, various patterns for calender rolls have been developed for functional as well as aesthetic reasons. One example of a pattern is the Hansen Pennings or "HP" pattern with about a 30% bond area with about 200 bonds/square inch as taught in U.S. Patent 3,855,046 to Hansen and Pennings. A new HP pattern roll has square point or pin bonding areas wherein each pin has a side dimension of 0.038 inches (0.965 mm), a spacing of 0.070 inches (1.778 mm) between pins, and a depth of bonding of 0.023 inches (0.584 mm). The resulting pattern has a bonded area of about 29.5%.

Another typical point bonding pattern is the expanded Hansen Pennings or "EHP" bond pattern which, when new, produces a 15% bond area with a square pin having a side dimension of 0.037 inches (0.94 mm), a pin spacing of 0.097 inches (2.464 mm) and a depth of 0.039 inches (0.991 mm). Another typical point bonding pattern designated "714" has square pin bonding areas wherein each pin has a side dimension of 0.023 inches, a spacing of 0.062 inches (1.575 mm) between pins, and a depth of bonding of 0.033 inches (0.838 mm) when new. The resulting pattern has a bonded area of about 15%. Yet another common pattern is the C-Star pattern which has a bond area of about 16.9% when new. The C-Star pattern has a cross-directional bar or "corduroy" design interrupted by shooting stars. Other common patterns include a diamond pattern with repeating and slightly offset diamonds with about a 16% bond area and a wire weave pattern looking similar to a window screen, with about a 19% bond area. Typically, the percent bonding area varies from around 10% to around 30% of the area of the fabric laminate web.

The term "elastic" as used herein refers to any material which, upon application of a biasing force, is elongatable to a stretched, biased length which is at least about 160 percent of its relaxed unbiased length, and which, will recover at least 55 percent of its elongation upon release of the elongating force. A hypothetical example would be a one (1) inch sample of a material which is elongatable to at least 1.60 inches and which, upon being elongated to 1.60 inches and released, will recover to a length of not more than 1.27 inches. Many elastic materials may be stretched by much more than 60 percent of

their relaxed length, for example, 100 percent or more, and many of these will recover to substantially their original relaxed length, for example, to within 105 percent of their original relaxed length, upon release of the stretching force.

As used herein, the term "nonelastic" refers to any material which does not fall within the definition of "elastic," above.

As used herein, the term "recover" refers to a retraction of a stretched material upon termination of a biasing force following stretching of the material by application of the biasing force. For example, if a material having a relaxed, unbiased length of one (1) inch is elongated 60 percent by stretching to a length of 1.6 inches the material would be elongated 60 percent (0.6 inch) and would have a stretched length that is 160 percent of its relaxed length. If this exemplary stretched material contracted, that is recovered to a length of one and two tenths (1.2) inches after release of the biasing and stretching force, the material would have recovered about 66 percent (0.4 inch) of its 0.6 inch elongation. Recovery may be expressed as  $[(\text{maximum stretch length} - \text{final sample length}) / (\text{maximum stretch length} - \text{initial sample length})] \times 100$ .

As used herein, the terms "necking" or "neck stretching" interchangeably refer to a method of elongating a nonwoven fabric, e.g. in the machine direction, to reduce its width in the direction perpendicular to that of elongation in a controlled manner to a desired amount. The controlled stretching and necking may take place under cool, room temperature or higher temperatures and is limited to an increase in overall dimension in the direction being stretched up to the elongation required to break the fabric. When relaxed, the web relaxes toward its original dimensions. Such a process is disclosed, for example, in U.S. Patent 4,443,513 to Meitner and Notheis, U.S. Patents 4,965,122, 4,981,747 and 5,114,781 to Morman and U.S. Patent 5,244,482 to Hassenboehler Jr. et al.

As used herein, the term "neckable material" refers to any material which can be necked; that is a material that can be constricted in at least one dimension by processes such as, for example, drawing.

As used herein, the term "necked material" refers to any material which has been constricted in at least one dimension by processes such as, for example, drawing.

As used herein the term "reversibly necked material" refers to a material which is capable of being stretched in the necked direction to its original pre-necked dimensions and, upon removal of the stretching force, substantially returning to the necked dimensions unaided, such as by an elastomeric sheet. Typically, reversibly necked materials include necked materials which have been heated and cooled while under a

tensioning force. The heating and cooling of the material while necked serves to impart memory of the material's necked condition.

As used herein, the term "percent neckdown" refers to the ratio determined by measuring the difference between the un-necked dimension and the necked dimension of the neckable material and then dividing that difference by the un-necked dimension of the neckable material. The ratio is then multiplied by 100.

As used herein, the term "sheet" means either a film, foam or a nonwoven web.

As used herein, the term "elastomeric precursor" refers to a material that is not elastic as applied but may be treated to produce an elastic layer by undergoing polymerization, curing, cross-linking, coalescing, drying or evaporation of a solvent. However, the term "elastomeric precursor" does not exclude materials containing elastomers. For example, often a latex formulation will contain elastomers but the applied latex formulation does not form an elastic material until dried.

As used herein the term "elastic layer" means an elastic material which, when supported on a necked substrate, may be either continuous, e.g. a film, or discontinuous, e.g. a repeating or random pattern of discrete regions.

As used herein, the term "composite elastic necked-bonded material" refers to a material having an elastic layer attached to a necked material. The elastic material may be attached to the necked material at intermittent points or regions or may provide complete coverage of the necked material. The composite elastic necked-bonded material is elastic in a direction generally parallel to the direction of neckdown of the necked material. A composite elastic necked-bonded material may include more than two layers. For example, the elastic material may have a necked material joined to both of its sides so that a three-layer composite elastic necked-bonded material is formed having a structure of necked material/elastic material/necked material. Additional elastic material layers and/or necked material layers may be added. In addition, numerous other combinations of elastic material layers and necked materials may also be used.

### SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to provide a method of making necked-bonded laminates having improved integrity.

It is a further object of the present invention to provide a method of making necked-bonded laminates which is more efficient and which provides improved compatibility between elastic and neckable materials.



These and other objects, features and advantages are provided by the present invention which in one aspect relates to a process of forming a stretchable composite comprising the steps of: (a) applying an elastomeric precursor to a first neckable material, (b) neck-stretching said neckable material; and (c) treating said elastomeric precursor to form an elastic layer wherein said elastic layer has sufficient recovery properties and coverage to allow the neckable material to recover when stretched in the necked direction. The elastomeric precursor may be applied to the neckable material prior to or during neck-stretching of the neckable material.

A further aspect of the invention relates to a process of forming a stretchable composite comprising the steps of: (a) applying an elastomeric precursor to a first necked material; and (b) treating said elastomeric precursor to form an elastic layer wherein said elastic layer has sufficient recovery properties and coverage to allow the neckable material to recover when stretched in the necked direction.

In a further aspect of the invention, the elastomeric precursor may comprise a latex and treating of the elastomeric precursor may comprise drying the latex. In still a further aspect of the invention, the elastomeric layer may comprise a thermoset polymer which is formed by cross-linking and/or curing the elastomeric precursor such as by heating the precursor. Further, the elastomeric precursor may be applied in an amount sufficient to provide an elastic layer having a coverage of from 2 to 100 g/m<sup>2</sup>. In still a further aspect of the invention, a second neckable layer may be attached to the elastic layer.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a schematic representation of an exemplary process for forming an elastic necked-bonded composite material having an elastic layer formed from an elastomeric precursor.

FIG. 2 is a plan view of a neckable material under a tensioning force.

FIG. 3 is a plan view of a neckable material before tensioning and necking.

FIG. 3A is a plan view of a necked material.

FIG. 3B is a plan view of a composite elastic necked-bonded material while partially stretched.

FIG. 4 is a schematic representation of an exemplary process for forming an elastic necked-bonded composite material having an elastic layer formed from an elastomeric precursor.

FIG. 5 is a schematic representation of an exemplary process for forming an elastic necked-bonded composite material having an elastic layer formed from an elastomeric precursor.

FIG. 6 is a schematic representation of an exemplary process for forming an elastic necked-bonded composite material having an elastic layer formed from an elastomeric precursor.

FIG. 7 is a top view of a composite elastic necked-bonded material having a discontinuous patterned elastic layer.

10

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to FIG. 1 of the drawings there is schematically illustrated a process for forming a composite elastic necked-bonded material 32. According to the present invention, a neckable material 12 is unwound from a supply roll 14 and travels in the direction indicated by the arrows associated therewith as the supply roll 14 rotates in the direction of the arrows associated therewith. Those skilled in the art will appreciate that the neckable material 12 may be formed by nonwoven extrusion processes, such as, for example, meltblowing processes or spunbonding processes, without first being stored on a supply roll. An elastomeric precursor 26 may then be applied to the neckable material 12 prior to necking the neckable material 12. Thereafter, the elastomeric precursor 26 may be treated after necking to form a composite necked-bonded elastic material 32.

The elastomeric precursor 26 is desirably applied having a thickness of from 0.1 to 100 mils or in an amount sufficient to provide an elastic layer 27 with a coverage of from about 1 to about 100 g/m<sup>2</sup>, desirably from about 2 to about 50 g/m<sup>2</sup> and even more desirably about 5 to about 20 g/m<sup>2</sup>. Such low basis weight sheets are useful for economic reasons, particularly for use in disposable products. However, depending on the desired application of the elastic necked-bonded composite, elastic sheets having higher basis weights may also be advantageous. Suitable elastic materials and their corresponding elastomeric precursors are discussed herein below in greater detail. The elastomeric precursor 26 may be applied to the neckable material 12 by any of the numerous techniques known in the art for printing, coating or spraying materials on a sheet or fabric-like surface. The elastomeric precursor 26 may be applied by various methods including, but not limited to, wire-wound coating bars, calendering, extrusion, spraying, direct gravure printing, knife-over-roll coating, floating-knife coating, reverse roll coating, rotary screen coating, transfer coating and flexographic printing. Further, it will

be appreciated that the elastomeric precursor may be applied in a single or successive applications.

The desired method of applying particular elastomeric precursors will vary in accord with factors well known to those skilled in the art, such as, the flow characteristics of the precursor, the desired thickness and gauge tolerance of the coating, line-speed and the surface characteristics of the material being coated. Flexographic or direct gravure printing are preferred since it allows a precise application of small quantities of precursor to be applied to the neckable material. In gravure, flexographic and screen printing equipment, the printed composition is transferred to a printing transfer surface which contains the printed patterns and then from the transfer surface the printing composition is transferred directly to the substrate. Preferably, the elastomeric precursor is applied in a pattern which at least extends substantially continuously across the fabric in the necked direction.

In the particular embodiment of FIG. 1, the neckable material 12 passes through a nip 18 of drive-roll assembly 16 formed by the rolls 20 and 22. An elastomeric precursor 26 is applied to the neckable material 12 by a coating assembly 24, such as a gravure-print coater. The individual rolls of the coating assembly 24 rotate and guide the elastomeric precursor 26 through the coating assembly 24 onto the neckable material 12.

The elastomeric material 16 is removed from the coater by lightly pressing the precursor against the neckable material 12 in the final nip of coating assembly 24 created with roll 20 of drive-roll assembly 16. However, the elastomeric precursor can alternatively be applied down line from roll assembly 16, prior to treating device 30, such that the elastomeric precursor is applied while the neckable material is being neck-stretched.

Penetration of the elastomeric precursor typically occurs without the need for additional means for pressing or driving the elastomeric precursor into the neckable material. For example, although polyolefin nonwoven webs are often hydrophobic, many latex formulations include surfactants which make the latex compatible with the nonwoven material and are thus readily wicked or absorbed into the web. However, in the event further penetration is desired an additional pressure roll assembly may be provided to obtain the desired penetration. Further, either the composition of the elastomeric precursor may be varied or the neckable material treated to achieve the desired compatibility between the materials.

With porous neckable materials, such as a nonwoven web, the depth to which the elastomeric precursor 16 penetrates the neckable material 12 can affect the elastic properties of the necked-bonded laminate produced. Generally, the elastic properties of

the resulting laminate decrease as the degree of penetration of elastomeric precursor 26 increases. Moreover, strikethrough of the precursor and the resulting elastic material can detract from the soft hand of the necked material. Thus, the nip pressure should be closely controlled until the elastomeric precursor has been treated to form an elastic layer. In most cases, a gap will be maintained between the rolls to insure that the precursor does not significantly penetrate into the neckable material. However, penetration of the elastomeric precursor near the surface is desirable where the elastic layer does not sufficiently bond to the necked material since, when treated, the resulting elastic layer will form an elastic material which is embedded in the neckable material. For example, with nonwoven materials the elastic layer will surround fibers within the web thereby providing mechanical attachment to the web. In such instances, the elastomeric precursor 26 should penetrate at least one fiber thickness and desirably penetrates from 2 to about 10 fiber thicknesses.

Penetration of the elastomeric precursor into the neckable material may be limited or controlled by various means. Printing techniques will likely cause less penetration than spray or gravure application of the precursor. In addition, the neckable material may be treated immediately after being applied to the neckable material thereby limiting the extent to which the viscous precursor penetrates into the neckable material. In addition, the neckable material may include a barrier to further stop penetration of the precursor. For example, the neckable material may comprise a multilayer laminate, e.g. an SMS, having a thin internal meltblown layer adjacent a low basis weight spunbond which limits penetration and prevents strikethrough. Nonwoven meltblown fabrics having fiber diameters less than 10 microns typically have very small pore structures which will prevent penetration of the precursor. Alternatively, larger fiber diameter nonwovens with larger pore sizes may be treated with or include a repellent, such as a fluorocarbon, which prevents penetration of the precursor into the fabric; see U.S. Patent 5,441,056 issued to Weber et al., the entire contents of which are incorporated herein by reference. In this regard, a neckable material may be produced using multiple spunbond banks wherein one or more banks produce layers of spunbond fibers which are treated with or otherwise incorporate a repellent and at least the last bank forms a layer of untreated fibers over the previously laid repellent-treated fibers. The multiple layers of spunbond fibers may then be bonded to form a coherent web capable of being necked. Thus, when the precursor is applied to the neckable material it will penetrate only the repellent-free fibers located at the upper surface of the neckable material

From the drive-roll assembly 16, the neckable material 12 undergoes neck-stretching, being pulled by the pressure nip 34 formed by a bonder-roll assembly 36. Because the peripheral linear speed of the rolls of the drive-roll assembly 16 is controlled to be less than the peripheral linear speed of the bonder-roll assembly 36, the neckable material 12 is tensioned between the drive-roll assembly 16 and the bonder-roll assembly 36. By adjusting the distance between and the difference in the speeds of the roll assemblies 16 and 36, the neckable material 12 is tensioned so that it necks a desired amount, forming necked material 28.

The neckable material 12 desirably necks a desired amount before reaching the treating device 30 although it may neck further upon heating. In reference to FIG. 2, a neckable material 12 is necked-stretched between a first and second roll assembly 16 and 36. However, the percent neckdown increases as the neckable material travels away from the first roll assembly 16 towards the second roll assembly 36. The neckable material 12 necks until approaching equilibrium, a point at which without additional tension or heating no further necking will occur. Desirably, roll assemblies are separated a sufficient distance to substantially approach equilibrium. Further, it is also desirable that the elastomeric precursor (not shown) is treated, at a point along the distance between the first and second roll assemblies 16 and 36, such that an elastic layer is not formed until after the neckable material is necked the desired amount.

The relation between the original dimensions of the neckable material 12 to its dimensions after tensioning and necking determines the approximate limits of stretch of composite elastic necked-bonded material 32. Because the necked material 28 is able to stretch and return to its pre-necked dimensions in the cross-machine direction, the composite elastic necked-bonded material 32 will be stretchable in generally the same direction that the neckable material 12 was necked.

For example, with reference to FIGS. 3, 3A, and 3B, if it is desired to prepare a composite elastic necked-bonded material stretchable to a 150% elongation, a width of neckable material shown schematically and not necessarily to scale in FIG. 3 having a width "A" such as, for example, 250 cm, is tensioned by force F so that it necks down to a width "B" of about 100 cm. The necked material shown in FIG. 3A may have an elastic precursor (not shown) applied thereto and then treated to form an elastic layer (not shown). The resulting composite elastic necked-bonded material shown schematically and not necessarily to scale in FIG. 3B has a width "B" of about 100 cm and is stretchable to at least the original 250 cm width "A" of the neckable material for an elongation of about 150% (or as discussed herein, the material is stretchable to 250% of

its relaxed unbiased width). As can be seen from the example, the elastic limit of the elastic sheet needs only to be as great as the maximum desired stretch of the necked-bonded laminate, often it will be desirable to employ an elastic layer having the ability to stretch to at least the pre-necked dimensions of the necked-bonded material.

5 Referring to FIG. 1, the necked material 28 is maintained in such tensioned, necked condition while the overlying elastomeric precursor 26 is treated, thereby forming an elastic layer 27 in intimate contact with the necked material 28 and which together form a composite elastic necked-bonded laminate 32. In this regard, it is important to note that due to the nature of the elastomeric precursor 26 and the porous neckable  
10 material, treatment of the elastomeric precursor 26 forms an elastic material which attaches to the necked material by bonding to the material and/or mechanically attaching thereto by physically forming about fibers at or near the surface of the necked material. Thus, in most instances, additional bonding or laminating processing will not be required to achieve a necked-bonded laminate having the desired integrity.

15 Treatment of the elastomeric precursor 26 will vary with regard to the particular precursor and the mechanism responsible for generating an elastic layer 27. For example, reactions may be induced by various means such as infrared radiation, ultrasound, ultraviolet radiation, x-ray, electron beam, etc. Elastomeric precursors employing these and other initiators to form an elastic are believed suitable for use with  
20 the present invention. Nevertheless, the most common commercially available elastomeric precursors typically include thermoset and latex formulations that are activated by heating or dried by heating or microwaves. Thus, although the particular embodiments discussed herein are directed toward use of heat set and/or latex formulations, the invention is not limited to use of such materials or processes employing  
25 the same.

In reference to the particular embodiment of FIG. 1, an elastomeric precursor 26, such as a latex or heat set formulation, may be treated by heating the necked material 28 and applied elastomeric precursor 26 in treating apparatus 30, such as an oven. In instances in which the treatment of the elastomeric precursor includes heating, it will be  
30 noted that this may be performed simultaneously with heating the necked material to create a "reversibly necked material" as described in U.S. Patent No. 4,965,122 to Morman, the entire contents of which are incorporated herein by reference. In addition, the oven may have multiple temperature control zones (not shown) so that the necking process is substantially complete before significant treatment of the elastomeric  
35 precursor.

Additional bonding between the necked material 28 and a thermoplastic elastomeric layer may, optionally, be achieved by applying additional heat and/or pressure to the elastic necked-bonded laminate. Typically this will include bringing the elastic layer sufficiently above its  $T_g$  to soften the elastic material to a point at which it is no longer elastic. The bonder-roll assembly 36 may be a patterned calender roll 38 arranged with a smooth anvil roll 40. Alternatively, a smooth calender roll may be used. For thermoplastic elastomers it may be further desirable to have one or both of the calender roll 38 and the anvil roll 40 heated and the pressure between these two rolls adjusted by well known means to provide the desired temperature and bonding pressure.

Various other bond patterns may be used including, but not limited to, sinusoidal dot patterns and those patterns referred to herein above in connection with thermal point bonding. The bond surface area on the composite elastic necked bonded material 32 may approach about 100 percent and still provide a material with good stretch properties. Other methods may be used to further join the layers such as, for example, adhesives, ultrasonic welding, laser beams, and/or high energy electron beams.

The elastic layer 27 bonds to the necked material 28 and, thus, provides a composite elastic necked-bonded material 32 with excellent integrity and stretch properties. Due to the manner of bonding between the elastomeric layer 27 and necked material 28 it is possible to omit the step of providing additional bonding such as that provided by the bonder-roll assembly 36. In this regard, tensioning of the neckable material could be achieved by varying the speed of a variety of alternative drive roll assemblies. It will be further appreciated that with many elastic layers, such as those comprising thermoset elastomers, use of a protective layer over the elastic material may be omitted since, once treated, most thermoset materials no longer have the propensity to bond with adjacent materials even when experiencing heat and/or pressure while wound on a winder-roll.

Conventional drive means and other conventional devices which may be utilized in conjunction with the apparatus of Fig. 1 are well known and, for purposes of clarity, have not been illustrated in the schematic view of Fig. 1. In addition, it will be appreciated by those skilled in the art that the particular process could be varied in numerous respects without departing from the spirit and scope of the invention. For example, the neckable material may be pre-necked and treated to remain in its necked condition (e.g. reversibly necked) prior to being wound on the supply roll 14. As a further example, after treatment of the elastomeric precursor and formation of the elastic layer, a second necked material or second elastic sheet could be attached to the elastic layer. It

will be further appreciated that the method of the present invention may be used in connection with others known in the art to fabricate a material which is stretchable in both the cross-machine and machine direction, see U.S. Patent No. 5,116,662 issued to Morman, the entire contents of which are incorporated herein by reference. For example,  
5 the peripheral linear speed of a supply roll for the second elastic sheet could be adjusted to be lower than that of bonder-roll assembly 36 thereby stretching the second elastic layer. This will give the resulting laminate stretch in both the MD and CD directions.

In addition, those skilled in the art will appreciate that other methods of tensioning the neckable material may be used such as, for example, tenter frames or other cross-  
10 machine direction stretcher arrangements that elongate the neckable material so that, after bonding the elastomeric material to the necked material, the resulting composite elastic necked-bonded material will be elastic in a direction generally perpendicular to the direction of necking. The nonelastic material may also be gathered prior to necking. In such instances, the tensioning force may not narrow the fabric with respect to the  
15 gathered dimensions, however the fabric will be narrower than the fabric's original pre-gathered dimensions. "Necking" is intended to cover such tensioning and narrowing relative to the pre-gathered dimensions.

The neckable material 12 may be a knit, loosely woven or nonwoven material such as, for example, spunbonded web, meltblown web, coformed webs or bonded  
20 carded webs. If the neckable material is a nonwoven web, it desirably comprises microfibers. The neckable material may be any porous material that can be necked. The neckable material 12 may be made of fiber forming polymers such as, for example, polyesters, polyamides and polyolefins. Exemplary polyolefins include one or more of polypropylene, polyethylene, ethylene copolymers, propylene copolymers, and butene  
25 copolymers. Useful polypropylenes include, for example, polypropylene available from the Exxon Chemical Company under the trade designation Exxon 3445, and polypropylene available from the Shell Chemical Company under the trade designation DX 5A09. Polyamides which may be used in the practice of this invention may be any polyamide known to those skilled in the art including copolymers and mixtures thereof.  
30 Particularly commercially useful polyamides are nylon-6, nylon 6,6, nylon-11 and nylon-12. These polyamides are available from a number of sources such as Emser Industries of Sumter, South Carolina (Grilon® & Grilamid® nylons) and Atochem Inc. Polymers Division, of Glen Rock, New Jersey (Rilsan® nylons), among others.

In one embodiment of the present invention, the neckable material 12 may itself  
35 comprise a multilayer laminate having, for example, at least one layer of spunbonded



web joined to at least one layer of meltblown web, bonded carded web or other suitable material. For example, neckable material 12 may be a multilayer material having a first layer of spunbonded polypropylene having a basis weight from about 3.5 to about 270 g/m<sup>2</sup>, a layer of meltblown polypropylene having a basis weight from about 3.5 to about 135 g/m<sup>2</sup>, and a second layer of spunbonded polypropylene having a basis weight of about 3.5 to about 270 g/m<sup>2</sup>. Alternatively, the neckable material 12 may be single layer of material such as, for example, a spunbonded web having a basis weight of from about 3.5 to about 340 g/m<sup>2</sup> or a meltblown web having a basis weight of from about 3.5 to about 270 g/m<sup>2</sup>.

The neckable material 12 may also be a composite material made of a mixture of two or more different fibers or a mixture of fibers and particulates. Such mixtures may be formed by adding fibers and/or particulates to the gas stream in which meltblown or spunbond fibers are carried so that an intimate entangled commingling of meltblown or spunbond fibers occurs prior to collection of the fibers upon a collecting device to form a coherent web of randomly dispersed fibers and other materials. Examples of such materials include, but are not limited to, wood pulp, staple fibers and particulates such as, for example, hydrocolloid (hydrogel) particulates commonly referred to as superabsorbent materials.

If the neckable material 12 is a nonwoven web of fibers, the fibers should form a coherent web structure which is able to withstand tensioning and the resulting necking. The coherent web structure may be produced by bonding or entanglement between individual fibers which is inherent in the meltblown process. For materials which do not inherently form a coherent web, processes such as, for example, hydraulic entangling, thermal point bonding or needlepunching may be used to impart the desired degree of integrity. Alternatively and/or additionally a bonding agent may be used to achieve the desired bonding.

The elastomeric precursor 26 may comprise any material which may be applied to the neckable material and subsequently treated to induce drying, polymerization, cross-linking or the like, to form an elastomeric sheet or layer. In this regard a great variety of elastomers are known in the art such as, for example, polyurethanes, silicone rubbers, poly(isobutylene-isoprene), poly(styrene-butadiene), poly(acrylonitrile-butadiene), polychloroprene, polyisoprene, polysulfides, poly(ethylene-propylene-diene), chlorosulfonated polyethylene, polysiloxanes, poly(fluorinated hydrocarbon), poly(acrylate-butadiene), poly(styrene-ethylene/butylene-styrene). In one aspect of the invention, the elastomeric precursor may comprise a thermoset material which, in accord

with the historical meaning of the term, cross-links upon heating. However, elastomeric precursors may also include materials which fall under the broader understanding of thermoset materials such as those in which further polymerization, cross-linking or curing is induced by means other than heat, such as by UV irradiation, infrared irradiation, ultrasound as well as other methods known in the art.

Latex formulations, including those for thermoplastic elastomers, may also be used in the present invention. With latex formulations, a coherent elastic layer is not formed until such time as the emulsion is treated, which typically consists of driving off or evaporating the water. In addition, elastomeric precursors for forming open and closed cell elastic materials, an example being a latex foam rubber, may also be used in connection with the present invention. As an example, some polyurethanes give off CO<sub>2</sub> gas when they react which acts to form a closed cell foam elastomer.

Typically the elastomers will be compounded to reduce costs and improve processing and, therefore, the particular formulations will vary with regard to the manner of application and mechanism for drying, coalescing, polymerization, curing and/or cross-linking of the precursor. Formulations for calendaring poly(styrene-butadiene) and polychloroprenes are known in the art and are discussed in the *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, vol. 6, ppg. 636-638 (1986). In addition, numerous suitable elastomeric precursors are available commercially, examples including: DPX-546.00 which is produced by DEXCO (a joint venture between Dow Chemical and Exxon) which is a thermoplastic latex formulation comprised of styrene-isoprene-styrene block copolymers; acrylic latex HYSTRETCH V-29 available from the B.F. Goodrich Co.; silicone rubber LSR 590 which is a two part cross-linkable material available from Dow - Corning; and Q-THANE QW24 which is a polyurethane emulsion made by K.J. Quinn & Co. of Seabrook, New Hampshire.

Further, the elastomeric precursor 26 may be a latex having an elastomer made from block copolymers having the general formula A-B-A' where A and A' are each a thermoplastic polymer endblock which contains a styrenic moiety such as a poly (vinyl arene) and where B is an elastomeric polymer midblock such as a conjugated diene or a lower alkene polymer. The elastomeric precursor 26 may be formed from, for example, an elastomer of (polystyrene/poly(ethylene-butylene)/polystyrene) block copolymers available from the Shell Chemical Company under the trademark KRATON.

The elastic layer 27 may itself be tacky or, alternatively, a compatible tackifying resin may be added to the elastomeric precursor formulation to provide additional bonding between the elastomeric layer and the necked material. In regard to the

tackifying resins and tackified elastomeric compositions, note the resins and compositions as described in U.S. Patent No. 4,789,699 issued to Keiffer et al., the disclosure of which is hereby incorporated by reference. Any tackifier resin can be used which is compatible with the elastomeric precursor, the neckable material and can  
5 withstand the processing conditions, e.g. temperature. If blending materials such as, for example, polyolefins or extending oils are used, the tackifier resin should also be compatible with those blending materials. REGALREZ and ARKON P series tackifiers are examples of hydrogenated hydrocarbon resins. ZONATAK 501 lite is an example of a terpene hydrocarbon. REGALREZ hydrocarbon resins are available from Hercules  
10 Incorporated. ARKON P series resins are available from Arakawa Chemical (U.S.A.) Incorporated. Of course, the present invention is not limited to use of the aforesaid tackifying resins, and other tackifying resins which are compatible with the other components of the composition and can withstand the processing conditions, can also be used.

15 However, when significant tackifier is used it will typically be necessary to include an additional sheet of material, such as a second neckable material (or necked material depending on the point of engagement) prior to winding the elastic necked-bonded laminate on a winder-roll in order to prevent the tacky elastic layer from adhering to the back of adjacent materials on the roll. Dusting of the elastic layer may also be used to  
20 prevent such unwanted attachment.

In a further aspect of the invention and in reference to FIG. 4, there is schematically illustrated at 50 an exemplary process for forming a composite elastic necked-bonded material by application of an elastomeric precursor 26 to a neckable material 12. A first neckable material 12 is unwound from a supply roll 14 and then  
25 travels in the direction indicated by the arrows associated therewith as the supply roll 14 rotates in the direction of the arrows associated therewith. An elastomeric precursor 26 is then applied to the first neckable material 12 by coating assembly 24, such as a reverse S-roll calender assembly. The neckable material 12 along with the elastomeric precursor 26 then pass through the nip 62 of an S-roll assembly 60 formed by the  
30 stacked rolls 64 and 66.

A second neckable material 13 is unwound from a second supply roll 15 and also passes through the nip 62 of the S-roll assembly 60 in a reverse-S wrap path as indicated by the direction of the arrows associated with the stack rolls 64 and 66. The second neckable material 13 passes through nip 62 in conjunction with the first neckable  
35 material 12 and elastomeric precursor 26 such that the elastomeric precursor 26 is

positioned between the first and second neckable materials 12 and 13. Alternatively, the neckable materials 12 and 13 can be formed by nonwoven extrusion processes such as, for example, spunbonding or meltblowing processes and passed through the nip 62 and without first being stored on supply rolls 14 and 15. Because the peripheral linear speeds of the rolls of the S-roll assembly 60 is controlled to be lower than the peripheral linear speed of the rolls of the bonder-roll assembly 70, the neckable materials 12 and 13 are tensioned causing the material to neck forming necked materials 28 and 29 .

The necked materials 28 and 29 and elastomeric precursor 26 may then be fed into bonder-roll assembly 70. The bonder-roll assembly 70 may be a smooth calender roll 72 and a smooth anvil roll 74 or may include a patterned calender roll, such as, for example, a pin embossing roll arranged with a smooth anvil roll. One or both of the calender roll 74 and the smooth anvil roll 76 are heated and the pressure between these two rolls may be adjusted by well known means to provide the desired temperature to treat the elastomeric precursor 26. Treating elastomeric precursor 26 forms elastic layer 27 which is directly bonded to the necked materials 28 and 29. The necked materials 28 and 29 bonded to elastomeric layer 27 collectively comprise a composite elastic necked-bonded material 33. As indicated above, the method of treating the elastomeric precursor will vary with regard to the particular elastomeric precursor employed in the process. One skilled in the art will also appreciate that some formulations may require longer treatment times than provided by heated calender rolls and in such instances other conventional in-line heating techniques may be employed such as by additional heated rolls, infrared heaters, microwave heaters, heating lamps, ovens and other heating means known in the art.

Conventional drive means and other conventional devices which may be utilized in conjunction with the apparatus of FIG. 4 are well known and, for purposes of clarity, have not been illustrated in the schematic view of FIG. 4. As indicated above, the nip pressure should be controlled or a gap maintained in order to control penetration of the elastomeric precursor within the neckable material unless barrier layers within the neckable material are employed as discussed herein above.

In addition, in a further aspect of the invention (not shown), elastomeric precursor may be applied to the second neckable material prior to superposing the respective neckable sheets. The second neckable material is juxtaposed with the first neckable material such that the elastomeric precursors applied to the respective neckable materials contact one another and are positioned between the two neckable materials. In such applications the desired amount of applied elastomeric precursor may be divided

among the respective sheets. For example, if a 30 g/m<sup>2</sup> coating of elastomeric precursor is desired, 15 g/m<sup>2</sup> of precursor may be applied to each of the first and second neckable materials. It is believed that applying the elastic precursor to both neckable sheets will result in an elastic necked-bonded composite having improved integrity. In addition, the elastomeric precursor may be simultaneously applied to both the first and second neckable materials by spraying the elastomeric coating on to the neckable materials just prior to bringing the two materials together.

Referring now to FIG. 5 of the drawings, there is schematically illustrated at 100 an exemplary process for forming a composite elastic material by applying an elastomeric precursor 26 onto a first necked material 28. A first neckable material 12 is unwound from a supply roll 14. The neckable material 12 then travels in the direction indicated by the arrow associated therewith as the supply roll 14 rotates in the direction of the arrow associated therewith. The neckable material 12 may be formed by nonwoven extrusion processes, such as, for example, spunbonding or meltblowing processes, and then passed directly through the nip 18 of the S-roll assembly 16 without first being stored on a supply roll. The neckable material 12 then passes through the nip 18 of the S-roll assembly 16 in a reverse S path as indicated by the direction of the arrows associated with the stack rolls 20 and 22. Because the peripheral linear speed of the rolls of the S-roll assembly 16 is controlled to be lower than the peripheral linear speed of the wind-up roll 38, the neckable material 12 is tensioned so that it necks a desired amount before entering wind-up roll 38. Alternatively, additional roll assemblies and/or heaters can be added to the process if additional necking or multi-stage necking is desired. Desirably the necked material 28 is maintained in such tensioned, necked condition as the elastomeric precursor 26 is applied directly on the necked material 28.

As the necked material 28 passes under the coating assembly 24, such as spray coating equipment, a coating of an elastomeric precursor 26 is applied directly on the necked material 28. A stream of elastomeric precursor 26 is directed from bank of spray heads traversing the width of the necked material 28 and coats the necked material 28. The elastomeric precursor 28 may alternatively be applied by other known coating processes.

A second neckable material 13 is unwound from a supply roll 15. It is noted that for the purposes of the present invention the first and second neckable materials 12 and 13 need not be identical or even similar materials. The neckable material 13 then travels in the direction indicated by the arrow associated therewith as the supply roll 15 rotates in the direction of the arrow associated therewith. Because the peripheral linear speed of

the supply roll 15 is controlled to be less than the peripheral linear speed of the wind-up roll 38, the neckable material 13 is tensioned so that it necks a desired amount forming necked material 29. The second necked material 29 is maintained in such tensioned, necked condition as it is juxtaposed with the elastomeric precursor 26 and the first  
5 necked material 28 such that the elastomeric precursor is positioned between the necked materials 28 and 29.

The two necked materials 28 and 29, with the elastomeric precursor 26 positioned there between, are guided into wind-up roll 38 forming a multi-layered composite. Thereafter, the rolled multi-layered material may be heated causing the elastomeric  
10 precursor to cross-link and/or cure into an elastomeric layer thereby producing a composite elastic necked bonded material which may be unwound from wind-up roll 38 when desired. It is noted that some elastomeric precursors will, given sufficient time, react at room temperature and thus with such formulations heating of the roll 38 could be omitted.

15 Conventional drive means and other conventional devices which may be utilized in conjunction with the apparatus of FIG. 5 are well known and, for purposes of clarity, have not been illustrated in the schematic view of FIG. 5. In particular, it will be appreciated that positioning the coating device immediately adjacent the roll assembly 16 will allow the elastomeric precursor 26 to be applied to the neckable material as it is  
20 being neck-stretched.

In a further aspect of the invention, an elastic necked-bonded composite is formed upon treating the elastomeric precursor 26 while in contact with both the first and second necked materials 28 and 29. In reference to FIG. 6, there is schematically  
illustrated at 150 an exemplary process for forming a composite elastic necked-bonded  
25 material 33 by application of an elastomeric precursor 26 to necked materials 28 and 29. A first necked material 28, an example being a reversibly necked material, is unwound from a first supply roll 14 and travels in the direction indicated by the arrows associated therewith as the supply roll 14 rotates in the direction of the arrows associated therewith. A second necked material 29 is simultaneously unwound from a second supply roll 15.  
30 Necked materials 28 and 29 pass through nip 154 of the roll assembly 152. However, prior to entering the nip 154 of the roll assembly 152 an elastomeric precursor 26 is simultaneously applied to the first and second necked materials 28 and 29 by coating assembly 24, such as a bank of spray heads. The coating assembly may be positioned in relation to nip 154 such that the elastomeric precursor 26 is applied to both necked  
35 materials 28 and 29. The necked materials 28 and 29 and elastomeric precursor 26

together, with the aid of guide roll 156, pass through the S-roll assembly 152 formed by the rolls 158 and 159.

The S-roll assembly 152 may comprise a series of heated rolls 158 and 159 which treat the elastomeric precursor 26, e.g. dry or cross-link the elastomeric precursor 26.

- 5 Treating elastomeric precursor 26 forms elastic layer 27 which is directly bonded to the necked materials 28 and 29, collectively the multiple layers comprise a composite elastic necked-bonded laminate 33. One skilled in the art will appreciate that some formulations may require longer treatment times than provided by heated calender rolls 158 and 159 and in such instances other conventional in-line heating techniques may be employed
- 10 such as by additional heated rolls, infrared heaters, microwave heaters, heating lamps, ovens and other heating devices known in the art.

The spunbond material used in several of the examples set forth below was made using known methods and the resulting spunbond material had a basis weight of about 0.85 ounces per square yard ( $28.8 \text{ g/m}^2$ ) and a width of about 130 inches (330 cm). The

15 spunbond material was then necked to a width of about 52 inches (132 cm). The necked spunbond relaxed to 56 inches (142 cm) upon aging on the roll and equivalently relaxed to 72 inches (183 cm) while being handled off the roll.

#### EXAMPLE 1

20

An acrylic latex, acquired from B.F. Goodrich V-29 HYSTRETCH®, was applied to the necked spunbond material with a #20 Meyer rod. The coated necked spunbond material was then placed in an oven at  $103^\circ \text{C}$  for several minutes. The coated spunbond material was removed from the oven and recoated with the same elastomeric

25 precursor with a #20 Meyer rod. The coated necked spunbond material was then placed in a  $103^\circ \text{C}$  oven for 25 minutes. The resulting elastic necked composite had good attachment between the elastic layer and spunbond as well as excellent stretch and recovery properties.

30

#### EXAMPLE 2

A portion of un-necked 0.5 ounces per square yard ( $17 \text{ g/m}^2$ ) spunbond material was cut into a smaller section and attached to two doweling rods. Thereafter a silicone rubber elastomeric precursor, LSR 590 from Dow-Corning with the two components

35 mixed in about a 50:50 blend, was applied with a #28 Meyer rod. The two doweling rods

were pulled to neck the LSR-590 coated spunbond and the material was wound while necked. The coated spunbond was put in a 112 °C oven for 45 minutes to cross-link the LSR-590 resulting in an elastic necked-bonded laminate.

5

### EXAMPLE 3

A section of 0.85 ounces per square yard (28.8 g/m<sup>2</sup>) necked spunbond material was taped across its width, in the CD, with about 0.5 inch (1.27 cm) tape and 0.375 inch (0.95 cm) spacings. An elastomeric precursor, silicone rubber LSR-590 from Dow-  
10 Coming, was applied to the spunbond with a Meyer rod. The tape was then removed. The coated material was put in an oven for a sufficient time and temperature to cause the silicone rubber to cross-link forming an elastic layer. The resulting elastic necked-bonded composite is depicted in FIG. 7 and has columns of elastic material 27 over the necked material 28. The patterned elastomer provided sufficient stretch and recovery  
15 properties to the necked-bonded elastic composite such that when stretched in the CD the composite substantially returned to its original dimensions.

While the invention has been particularly shown and described in detail with respect to specific embodiments thereof, it will be understood by those skilled in the art that changes in form and details may be made to the invention without departing from the  
20 spirit and scope of the present invention.



What is claimed is:

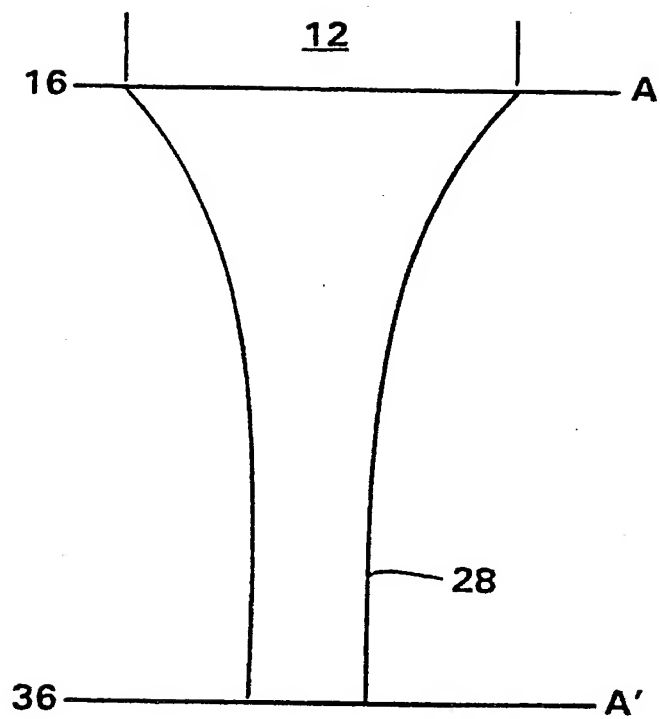
1. A method of forming a stretchable composite comprising:  
applying an elastomeric precursor to a first neckable material;  
5 neck-stretching said neckable material; and  
treating said elastomeric precursor to form an elastomeric layer wherein said elastomeric layers bonds to said necked material and wherein said neckable material recovers when stretched in the necked direction.
2. A method according to claim 1 wherein said elastomeric precursor is applied to said neckable material before neck-stretching said neckable material.
3. A method according to claim 2 wherein said elastomeric precursor comprises a latex.
4. A method according to claim 3 wherein treating said elastomeric precursor comprises drying said latex.
5. A method according to claim 2 wherein said elastomeric layer comprises a thermoset polymer.
6. A method according to claim 5 wherein treating said elastomeric precursor comprises heating.
7. A method according to claim 6 further comprising the step of cooling said necked material in the necked condition wherein a reversibly necked material is formed from said neckable material.
8. A method according to claim 2 further comprising the step of superposing a second neckable material with said elastomeric precursor and said first neckable material wherein said elastomeric precursor is positioned between said first and second neckable materials.
9. A method according to claim 8 wherein an elastomeric precursor is applied to said second neckable material.

10. A method according to claim 2 wherein applying said elastomeric precursor comprises applying about 5 g/m<sup>2</sup> to about 100 g/m<sup>2</sup> of said elastomeric precursor to said neckable material.
11. A method according to claim 3 wherein applying said elastomeric precursor comprises applying from about 5 g/m<sup>2</sup> to about 50 g/m<sup>2</sup> of said elastomeric precursor to said neckable material.
12. A method according to claim 1 wherein said elastomeric precursor is applied to said neckable material after neck-stretching said neckable material.
13. A method according to claim 12 wherein said elastomeric precursor comprises a latex.
14. A method according to claim 13 wherein treating said elastomeric precursor comprises drying said latex.
15. A method according to claim 12 wherein said elastomeric layer comprises a thermoset polymer.
16. A method according to claim 14 wherein treating said elastomeric precursor comprises heating.
17. A method according to claim 16 further comprising the step of cooling said necked material in the necked condition wherein a reversibly necked material is formed from said neckable material.
18. A method according to claim 12 further comprising the step of superposing a second neckable material with said elastomeric precursor and said first neckable material wherein said elastomeric precursor is positioned between said first and second neckable materials.
19. A method according to claim 18 wherein an elastomeric precursor is applied to said second neckable material.

20. A method according to claim 12 wherein applying said elastomeric precursor comprises applying from about 5 g/m<sup>2</sup> to about 100 g/m<sup>2</sup> of said elastomeric precursor to said neckable material.
21. A method according to claim 13 wherein applying said elastomeric precursor comprises applying from about 5 g/m<sup>2</sup> to about 50 g/m<sup>2</sup> of said elastomeric precursor to said neckable material.
22. An elastic necked-bonded composite formed by the process of claim 1.
23. An elastic necked-bonded composite formed by the process of claim 8.
24. An elastic necked-bonded material formed by the process of claim 12.
25. An elastic necked-bonded material comprising:  
a porous necked material; and  
an elastic layer in intimate contact with said necked material wherein said elastic  
5 layer is mechanically attached to said necked material by surrounding portions of said  
porous material.
26. The necked-bonded composite of claim 25 wherein said porous material is a nonwoven material and said mechanical attachments comprises said elastic layer surrounding said fibers forming said nonwoven material.
27. The neck-bonded composite of claim 25 wherein said elastic layer comprises an elastic thermoset polymer.
28. The necked-bonded composite of claim 25 wherein said elastic layer comprises from 5 g/m<sup>2</sup> to 50 g/m<sup>2</sup>.
29. The necked-bonded composite of claim 25 wherein said elastic layer comprises from 20 g/m<sup>2</sup> to 100 g/m<sup>2</sup>.

30. The necked-composite layer of claim 27 wherein said elastic layer comprises from 5 g/m<sup>2</sup> to about 20 g/m<sup>2</sup>.



**FIG. 2**

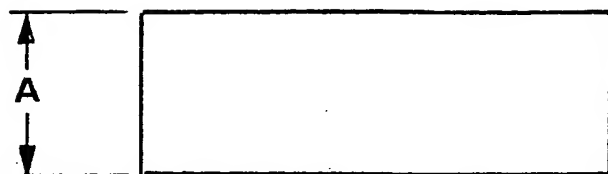
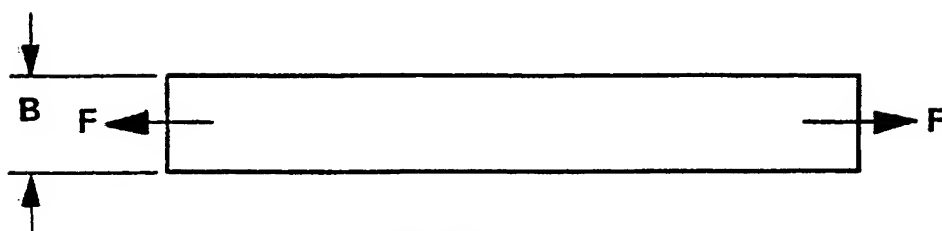


FIG. 3



$$A > B$$

FIG. 3A

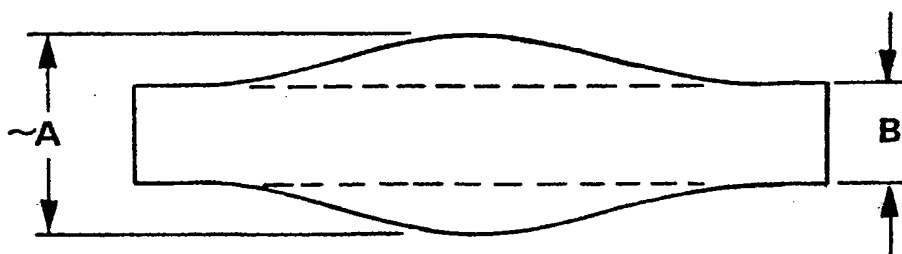
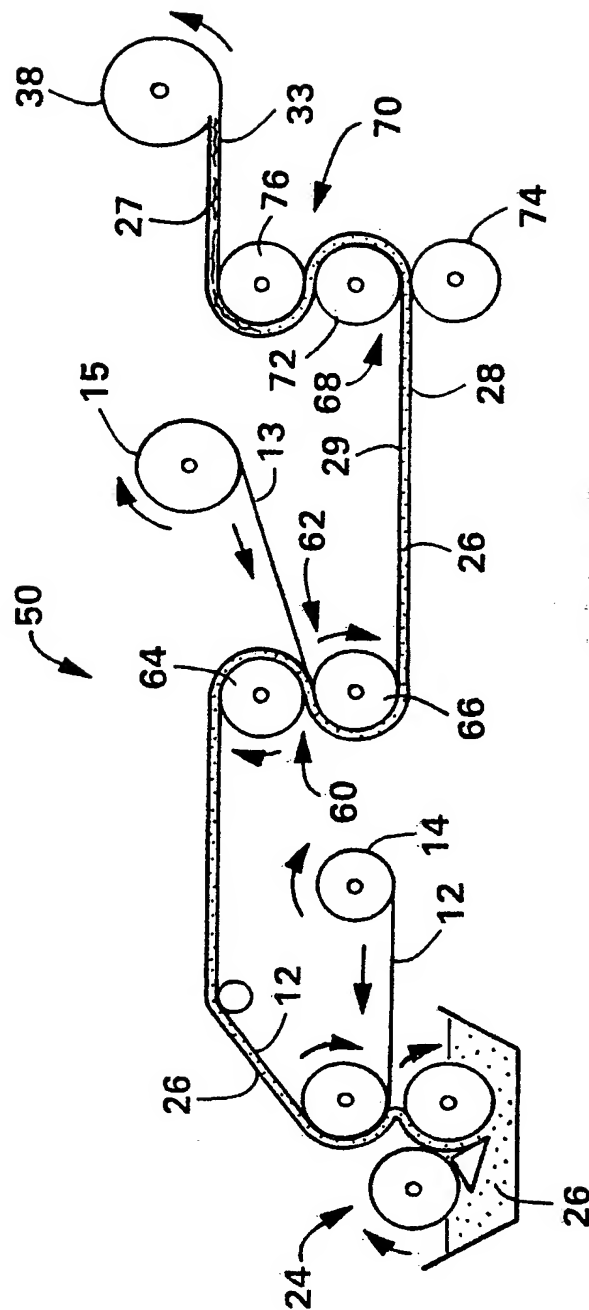


FIG. 3B



**FIG. 4**



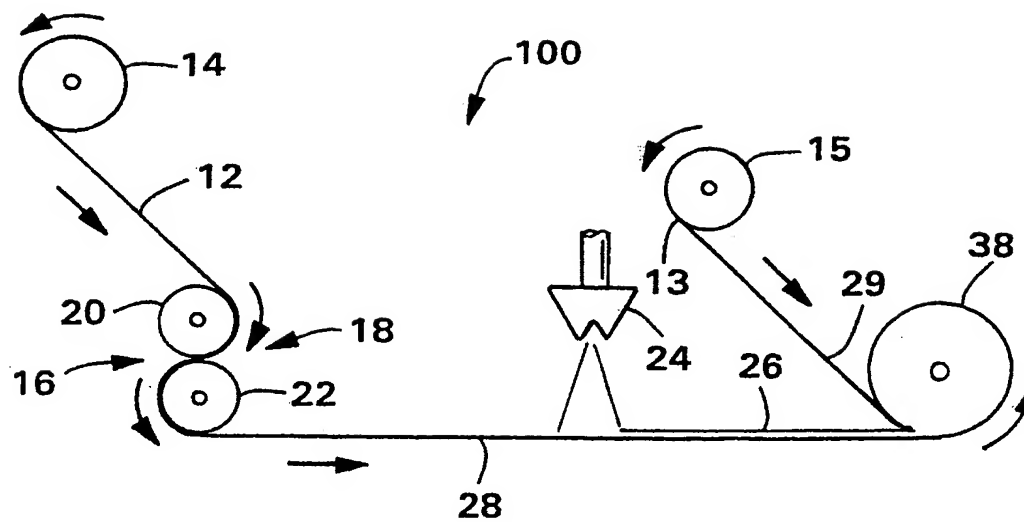


FIG. 5

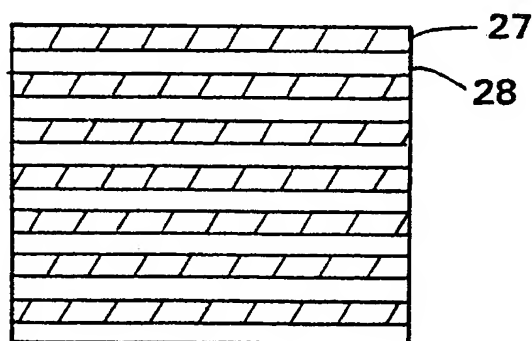
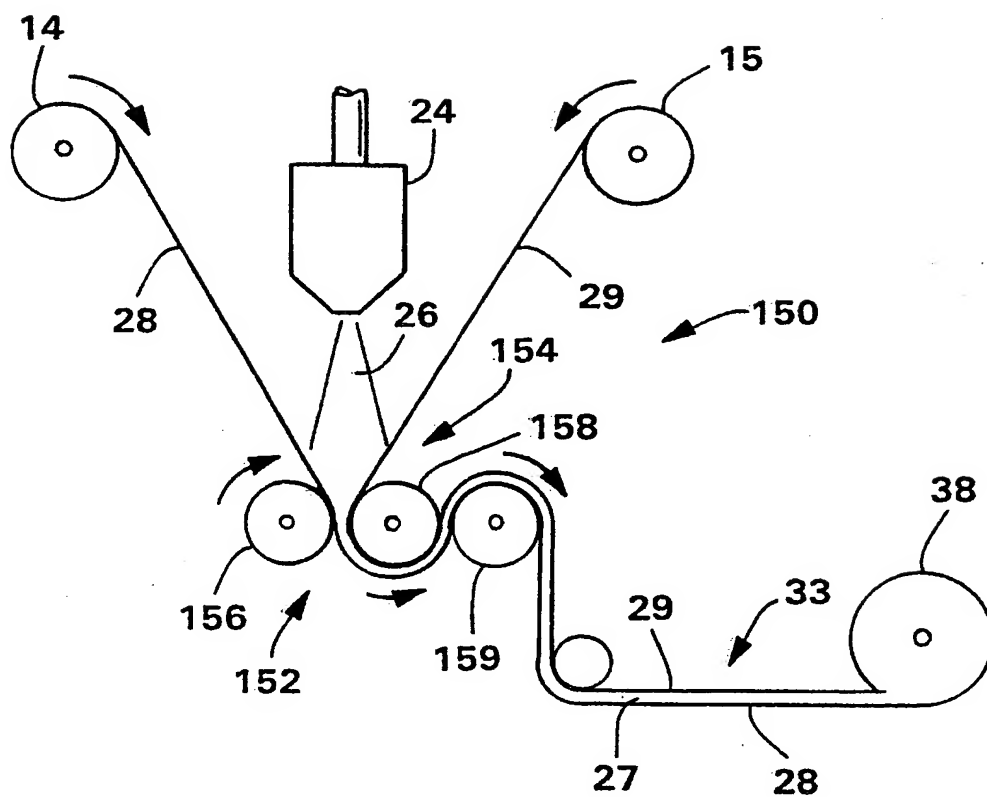


FIG. 7



**FIG. 6**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No

PCT/US 97/18560

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 D04H13/00 B32B5/04 B32B31/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 D04H A61F B32B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 707 106 A (KIMBERLY CLARK CO) 17 April 1996  see page 3, line 40 - line 54 see page 6, line 34 - page 7, line 30 see page 17; example 6 ---	1, 12-14, 16, 18-22, 24-26, 28-30
Y	FR 1 059 059 A (ÉTABLISSEMENTS GIROUD) 22 March 1954  see page 1, right-hand column, last paragraph see page 3, left-hand column, paragraph 2 - paragraph 3 --- -/--	1, 12-14, 16, 18-22, 24-26, 28-30

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 January 1998	13/02/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Lanaspeze, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter onal Application No  
PCT/US 97/18560

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 981 747 A (MORMAN MICHAEL T) 1 January 1991 cited in the application see abstract; figures ---	1,22,25
A	WO 96 16216 A (FIBERWEB NORTH AMERICA INC ;QUANTRILLE THOMAS E (US); THOMAS HAROL) 30 May 1996 see page 16, line 1 - page 18, line 11 -----	1,22,25

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 97/18560

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0707106 A	17-04-96	AU 2506495 A	01-02-96
		CA 2138327 A	20-01-96
		US 5514470 A	07-05-96
		ZA 9505714 A	21-02-96
FR 1059059 A	22-03-54	NONE	
US 4981747 A	01-01-91	NONE	
WO 9616216 A	30-05-96	US 5543206 A	06-08-96
		AU 4244196 A	17-06-96
		EP 0740714 A	06-11-96
		JP 9512313 T	09-12-97

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ット105を開状態にする。このときのシャッタ105の応答速度は、シャッタ105を開こうとする静電引力に対し、シャッタ105を閉状態に留めようとするシャッタ105自身の質量の慣性力とトーションバー105bのバネの戻り力の和により決まる。すなわち、シャッタ105の応答を速くするためには静電引力を強くする、つまり印加電圧を高くすれば良い。

【0127】ところがシャッタ105を開から閉状態に戻すときには静電引力は動かず、シャッタ105を閉状態に戻す力はトーションバー105bのバネの戻り力だけである。このバネ定数はトーションバー105bの寸法と材料で決まる。特に寸法はシャッタ105に必要とされる密度等、他の要因で制限されることが多く、自由に高い値に（バネ力を強く）設定することはできない。よって、シャッタ105が閉から開に移るときの速度より、開から閉に移るときの速度の方が遅い。このことは特に動画表示のような速いシャッタ速度が必要とされる場合に問題となる。

【0128】そこで、実施の形態10に係る空間光変調素子は、シャッタ105を開から閉に遷移させる場合においても充分な応答速度でシャッタが動くようにしたものである。

【0129】すなわち、実施の形態10に係る空間光変調素子は、実施の形態1から9に係る空間光変調素子において、マイクロレンズ基板のシャッタ側の面に透光性導電膜を設け、この透光性導電膜と貫通孔内部の壁とシャッタとにそれぞれ所定の電圧を印加してシャッタを開閉させるものである。以下、この空間光変調素子の構成を（第1実施例）、（第2実施例）及び（第3実施例）に基づいて詳細に説明する。

【0130】（第1実施例）図43は、実施の形態10に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。図43に示す空間光変調素子において、シャッタ105の導電性の遮光板105aには導電性のトーションバー105bを介して電圧 $V_s$ が印加され、シリコン基板202を介して貫通孔103内部の壁にはバイアス電圧 $V_b$ がそれぞれ印加されている。また、マイクロレンズ基板102のシャッタ105側の表面には可視光に対して透明で、かつ導電性の透明導電膜1001が設けられ、この透明導電膜1001には電圧 $V_t$ が印加される。透明導電膜1001の材料としては、 $In$ と $Sn$ と $O$ の化合物であるITO膜（代表的なものとして $SnO_2$ を5wt%含むもの）や $In$ と $Sn$ の化合物であるIT膜（ $In_2O_3$ ）や $SnO_2$ 膜を用いることができる。

【0131】以上の構成を備えた空間光変調素子の動作を説明する。図44は第1実施例の空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートであり、図45は第1実施例の空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。ここで、 $V_t$ は正の電圧 $V_h$ と接地電圧

の間で変動する矩形電圧、 $V_t$ は接地電圧、 $V_b$ は一定の正の電圧 $V_h$ に設定されている。

【0132】図44の時刻①のときは $V_s = V_h$ 、 $V_t = 0$ 、 $V_b = V_h$ であるため、シャッタ105の遮光板105aと透明導電膜1001の間に電位差がある。したがって、遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力 $F_t$ が働き、図45(a)に示すようにシャッタ105はマイクロレンズ基板102の透明導電膜1001に引き寄せられつつ閉状態になっている。

【0133】次に、図44の時刻②のときは $V_s = 0$ 、 $V_t = 0$ 、 $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に静電引力 $F_b$ が働き（図45(b)）、遮光板105aは貫通孔内部の壁に引き寄せられる。すなわち、シャッタ105は閉状態から開状態に移行する。

【0134】更に、図44の時刻③のときは $V_s = V_h$ 、 $V_t = 0$ 、 $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと透明導電膜1001との間に働く静電引力 $F_t$ により（図45(c)）、遮光板105aは透明導電膜1001方向に引き寄せられる。すなわち、シャッタ105は開状態から閉状態に移行する。

【0135】このように、シャッタ105が開状態から閉状態に移行する場合も遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力が働くため、トーションバー105bのバネの戻り力だけで遮光板105aが移動する場合に比べ、シャッタ105が開から閉状態移行する速度を速くすることができる。

【0136】（第2実施例）次に、実施の形態10に係る空間光変調素子の第2実施例を説明する。図46は第2実施例の空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートであり、図47は第2実施例の空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。第2実施例の空間光変調素子は、透明導電膜1001に印加する電位 $V_t$ を矩形電圧としたものであり、その他は第1実施例の空間光変調素子と同様である。

【0137】以下、第2実施例の空間光変調素子の動作を説明する。

【0138】図46の時刻①では $V_s = V_h$ 、 $V_t = V_h$ 、 $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001及び貫通孔103内部の壁との間には電位差がなく、静電引力は働かない。したがって、空間光変調素子は図47(a)に示す状態のままである。

【0139】次に時刻②では $V_s = 0$ 、 $V_t = 0$ 、 $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に静電引力 $F_b$ が働き、遮光板105aは貫通孔103内部の壁に引き寄せられる。ここで、シャッタ105は閉状態から開状態に

移行する(図47(b))。

【0140】時刻③では $V_s = V_h$ ,  $V_t = 0$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力 $F_t$ が働き、遮光板105aは透明導電膜1001に引き寄せられる。ここで、シャッタ105は開状態から閉状態に移行する(図47(c))。

【0141】時刻④では $V_s = V_h$ ,  $V_t = V_h$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001及び貫通孔103内部の壁との間には電位差がなく、静電引力が働かない。したがって、空間光変調素子は図47(d)に示す状態のままである。

【0142】このように、シャッタ105が開状態から閉状態に移行する場合も遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力が働くため、トーションバー105bのバネの戻り力だけで遮光板105aが移動する場合に比べ、シャッタ105が開から閉状態移行する速度を速くすることができる。また、閉状態において遮光板105aが透明導電膜1001に引き寄せられたままにならないため、2枚の遮光板105aの間の隙間が大きくなって光が漏れ、投射画像のコントラストが低下するということを防止することができる。

【0143】(第3実施例)次に、実施の形態10に係る空間光変調素子の第3実施例を説明する。図48は第3実施例の空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートであり、図49は第3実施例の空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。第3実施例の空間光変調素子は、第2実施例の空間光変調素子と同様、透明導電膜1001に印加する電位 $V_t$ を矩形電圧としたものであり、その他は第1実施例の空間光変調素子と同様である。

【0144】以下、第3実施例の空間光変調素子の動作を説明する。

【0145】図48の時刻①では $V_s = V_h$ ,  $V_t = V_h$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001及び貫通孔103内部の壁との間には電位差がなく、静電引力は働かない。したがって、空間光変調素子は図49(a)に示す状態のままである。

【0146】次に時刻②では $V_s = 0$ ,  $V_t = 0$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと貫通孔103内部の壁との間に静電引力 $F_b$ が働き、遮光板105aは貫通孔103内部の壁に引き寄せられる。ここで、シャッタ105は閉状態から開状態に移行する(図49(b))。

【0147】時刻③では $V_s = 0$ ,  $V_t = V_h$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001及び遮光板105a及び貫通孔103内部の壁の両方に電位差がある。しかしながら、遮光板105aは貫通孔

103内部の壁に非常に近い位置にあるため、遮光板105aを透明導電膜1001に引き寄せる静電引力 $F_t$ より遮光板105aを貫通孔103内部の壁に引き寄せる静電引力 $F_b$ の方が大きい。したがって、遮光板105aは貫通孔103内部の壁から離れず、開状態を保つ(図49(c))。

【0148】時刻④では $V_s = V_h$ ,  $V_t = 0$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001との間に電位差がある。したがって、遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力 $F_t$ が働き、遮光板105aは透明導電膜1001に引き寄せられる。ここで、シャッタ105は開状態から閉状態に移行する(図49(d))。

【0149】時刻⑤では $V_s = V_h$ ,  $V_t = V_h$ ,  $V_b = V_h$ であるため、遮光板105aと透明導電膜1001及び貫通孔103内部の壁との間には電位差がなく、静電引力が働かない。したがって、空間光変調素子は図49(e)に示す状態のままである。

【0150】このように、シャッタ105が開状態から閉状態に移行する場合も遮光板105aと透明導電膜1001との間に静電引力が働くため、トーションバー105bのバネの戻り力だけで遮光板105aが移動する場合に比べて、シャッタ105が開から閉状態移行する速度を速くすることができる。また、閉状態において遮光板105aが透明導電膜1001に引き寄せられたままにならないため、2枚の遮光板105aの間の隙間が大きくなって光が漏れ、投射画像のコントラストが低下するということを防止することができる。

【0151】なお、第1実施例～第3実施例の空間光変調素子において、各電圧の $V_h$ と0を交換、即ち電圧極性を負にしても前述した動作をさせることが可能である。

【0152】また、本実施の形態10に係る空間光変調素子においても、図10に示すように3枚のシャッタ105を一組にし、従来技術3のように異なる角度からRGBの三原色に分解した光を入射することにより、各シャッタ105でそれぞれに対応する色の光の制御を行うことができる。これにより、一枚の空間光変調素子によりフルカラー表示が可能な投射型ディスプレイを実現することができる。

【0153】[実施の形態11] 上述した実施の形態10の発明においては、シャッタ105が形成されているシリコン基板202にはシャッタ105だけでなく、シャッタ105に電圧を印加するためのトランジスタやこれに信号、電源を入力する配線などで構成される駆動回路が配置されている。一方、シリコン基板202には光を通過させるための貫通孔103が設けられている。したがって、貫通孔103の存在によりシリコン基板202上に駆動回路を配置する面積が少なくなる。特に電源及びGNDラインは配線幅が狭い配線抵抗が大きい



誤動作の原因になる。

【0154】そこで、実施の形態11に係る空間光変調素子は、実施の形態10に係る空間光変調素子において、駆動回路の配置に余裕を持たせ、かつ電源或いはGND配線の配線抵抗を低くし誤動作を少なくしたものである。

【0155】図50は、実施の形態11に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。図50に示す空間光変調素子には、シリコン基板202表面に透明導電膜1001と、シリコン基板202上に設けられた駆動回路1101間を結ぶ電極1102とが設けられている。

【0156】この電極1102には、シャッタ105とマイクロレンズ基板102との距離を定めるスペーサとしての機能もある。また、電極1102は、マイクロレンズ基板102に設けられた透明導電膜1001を介し、図示しない外部回路・電源の接地電位に接続されている。このように透明導電膜1001を接地電位としているため、電極1102から駆動回路1101に接地基準電位を供給することができる。

【0157】したがって、実施の形態11の空間光変調素子によれば、シリコン基板202上に接地電位を供給する配線（いわゆるGNDライン）を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線の配置に余裕ができる。また、透明導電膜1001はマイクロレンズ基板102全面に存在するため、マイクロレンズ基板102の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗を、シリコン基板202上に配線した場合より遥かに小さくすることができる。よって、高抵抗なGNDラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0158】また、図50に示す空間光変調素子においては、透明導電膜1001が接地電位にあるため、実施の形態10の第1実施例で説明した方法を用いてシャッタ105を開閉させることができる。

【0159】更に、透明導電膜1001はGNDラインとして用いるだけでなく、シリコン基板202上の駆動回路1101に電源電圧を供給するための電源ラインとしても使用することができる。

【0160】〔実施の形態12〕実施の形態1～11に係る空間光変調素子においては、シャッタ105が形成された基板にはシャッタ105だけでなく、シャッタ105に電圧を印加するためのトランジスタやこれに信号、電源を入力する配線などで構成される駆動回路が配置される。一方、シャッタ105が形成された基板には、光を通過させるための貫通孔103が形成されている。したがって、貫通孔103の存在により駆動回路を配置する面積が少なくなる。特に電源及びGNDラインは配線幅が狭いと配線抵抗が高くなり誤動作の原因になる。

【0161】そこで、実施の形態12に係る空間光変調

素子は、駆動回路の配置に余裕を持たせ、かつ電源或いはGND配線抵抗を低くし誤動作を少なくしたものである。

【0162】図51は、実施の形態12に係る空間光変調素子の構成を示す構成図であり、実施の形態11に係る空間光変調素子を用いて構成した例を示している。なお、実施の形態12に係る空間光変調素子において、実施の形態11に係る空間光変調素子と同一の構成には同一の符号を付し、その構成及び動作の説明は省略する。

【0163】図51に示す空間光変調素子において、シリコン基板202裏面には低抵抗層1201が設けられている。低抵抗層1201は、シリコン基板202の周辺部で図示しない電源電位（Vdd）に接続されている。この低抵抗層1201からシリコン基板202、バイア電極1202を介して、駆動回路1101に電源が供給される。

【0164】図52は駆動回路1101の概略構成を示す構成図である。図52においては、シリコン基板202としてn型基板1203を用い、駆動回路1101としてCMOSゲート1206、1208からなるデジタル回路を用いている。なお、図52には説明の便宜上1ゲート分のみを示した。ここでは低抵抗層1201として、シリコン基板202裏面にn型の不純物を高濃度にドーピングした拡散層を用いている。

【0165】低抵抗層1201から供給された電源電圧は、n型基板1203とバイア電極1202を介してp-mosトランジスタ1206に供給されている。また、p-well層1207内のn-mosトランジスタ1208は、実施の形態11で説明したように、電極1101、マイクロレンズ基板102上の透明導電膜1001を介してGNDに接続されている。なお、1209、1210はゲート電極、1211はCMOSゲート入力端子を示している。

【0166】このように、実施の形態12に係る空間光変調素子によれば、シリコン基板202上に電源電圧を供給する配線を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線に余裕ができる。また、低抵抗層1201はシリコン基板202裏面全面に存在するため、シリコン基板202上に配線した場合よりシリコン基板202の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗を遥かに小さくすることができる。よって、高抵抗なGNDラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0167】また、低抵抗層1201は電源電圧ラインとして用いるだけでなく、シリコン基板202上の駆動回路1101に接地電位を供給するためのGNDラインとしても使用することができる。この場合は、シリコン基板202をp型基板にして、n-well層の中にp-mosトランジスタを、p型基板の中にn-mosトランジスタを配置すればよい。

【0168】更に、図51に示す空間光変調素子では、マイクロレンズ基板102にGNDラインとしての透明導電膜1001を設けてあるが、特にこれが無くても上記効果を得ることができる。

【0169】なお、本実施の形態11に係る空間光変調素子においても、図10に示すように3枚のシャッタ105を一組にし、従来技術3のように異なる角度からRGBの三原色に分解した光を入射することにより、各シャッタ105でそれぞれに対応する色の光の制御を行うことができる。これにより、一枚の空間光変調素子により、フルカラー表示が可能な投写型ディスプレイを実現することができる。

【0170】[実施の形態13] 実施の形態1から11の発明においては、シャッタ105が形成された基板上に駆動回路を設けるため、シリコン等の半導体材料の基板(半導体基板)が用いられる。ところが、一般に半導体材料は金属材料に比べて可視光に対する透過率が高い。特に厚みの薄い半導体基板を用いるときに可視光に対する透過率が高いことが問題となる。例えば20 $\mu$ mの間隔でシャッタを設けようとした場合、半導体基板の厚みを5 $\mu$ m程度にしないと貫通孔は形成することができないが、5 $\mu$ mの厚みのシリコンにおいて700nmの波長の光に対する透過率は24%になる。

【0171】一方、マイクロレンズ101により集光或いは平行光化され、貫通孔103に導入された光は、その一部が半導体基板に照射されることがある。半導体基板の透過率が前述した値である場合、この光は半導体基板を透過し迷光となってスクリーン上の画像のコントラストや輝度を低下させる原因となる。

【0172】また、シャッタ105が形成された基板にはシャッタ105だけでなく、シャッタ105に電圧を印加するためのトランジスタやこれに信号、電源を入力する配線などで構成される駆動回路1101が配置されている。一方、基板には貫通孔103が形成されている。したがって、貫通孔103の存在により駆動回路を配置する面積が少なくなる。特に電源及びGNDラインは配線幅が狭いと配線抵抗が高くなり誤動作の原因になる。

【0173】実施の形態13に係る空間光変調素子は、空間光変調素子を用いた投影型ディスプレイの画質の向上、誤動作の低減を図るものである。すなわち、実施の形態13に係る空間光変調素子は、シャッタが形成された基板に対し、シャッタが設けられた面の反対側の面に遮光層を設けたものである。以下、この空間光変調素子の構成を(第1実施例)及び(第2実施例)に基づいて詳細に説明する。

【0174】(第1実施例) 図53は、第1実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。図53に示す空間光変調素子には、シリコン基板202の貫通孔103以外の部分に可視光を透過しない遮光層1301

が設けられている。遮光層1301を設けることにより、薄いシリコン基板202を透過した可視光が貫通孔103以外から漏れることを防ぐことができる。よって、投射される画像のコントラストを向上させることができる。

【0175】なお、可視光を吸収する遮光層の材料としては、InAs, GaSb, InSb, PbS, PbTe, Te又は(株)東芝製のIR-DIB, IR-DIA等を用いることができる。

【0176】(第2実施例) 図54は、第2実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。図54に示す空間光変調素子においては、第1実施例の遮光層1301に代えて、導電性の遮光層兼低抵抗層1302が設けられている。この遮光層兼低抵抗層1302を用いることにより、シリコン基板202を透過する光を遮光するという役割に加え、実施の形態12に係る空間光変調素子に設けられた低抵抗層1201(図51参照)の役割を持たせることができる。

【0177】遮光層兼低抵抗層1302は、シリコン基板202の周辺部で図示しない電源電位(Vdd)に接続されており、遮光層兼低抵抗層1302からシリコン基板202、バイア電極1202を介して、駆動回路1101に電源が供給される。

【0178】このように、第2実施例の空間光変調素子によれば、シリコン基板202上に電源電圧を供給する配線を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線の配置に余裕を持たせることができる。また、遮光層兼低抵抗層1302はシリコン基板202裏面全面に形成されているため、シリコン基板202の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗をシリコン基板202上に配線した場合より遥かに小さくすることができる。よって、高抵抗な電源電圧ラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0179】また、遮光層兼低抵抗層1302は、電源電圧ラインとして用いるだけでなく、シリコン基板202上の駆動回路1101に接地電位を供給するためのGNDラインとしても使用することができる。

【0180】なお、遮光層兼低抵抗層1302の材料のとしては、InAs, GaSb, InSb, PbS, PbTe, Teに低抵抗化のための不純物をドーピングしたものや、金属材料としてAg, Au, Cd, Pb, Cu, Pd, Pt, Sn, Zn, 特に好ましくは、酸化シリコンとの密着性の良いAl, Co, Cr, Fe, Mg, Mo, Ni, Ta, Ti, V, W, Zr等を用いることができる。

【0181】なお、本実施の形態13に係る空間光変調素子においても、図10に示すように3枚のシャッタ105を一組にし、従来技術3のように異なる角度からRGBの三原色に分解した光を入射することにより、各シャ

ット105でそれぞれに対応する色の光の制御を行うことができる。これにより、一枚の空間光変調素子により、フルカラー表示が可能な投写型ディスプレイを実現することができる。

【0182】〔実施の形態14〕実施の形態2から11に係る空間光変調素子においては、シャッタ105に働く静電引力をより大きくすることによりシャッタ105の小型化、即ち空間光変調素子の小型化、シャッタ応答速度の向上を図ることができる。静電引力を大きくする方法としては印加電圧を高くすることが考えられるが、駆動回路1101の耐圧や、シャッタ105と対向する固定電極（貫通孔103内部の壁）間の放電などの問題から限界がある。

【0183】そこで、実施の形態14に係る空間光変調素子は、シャッタに働く静電引力を大きくし、より低い駆動電圧によるシャッタの駆動、空間光変調素子の小型化、シャッタの応答速度の向上を図るものである。すなわち、実施の形態14に係る空間光変調素子は、ガラス基板（透光性基板）のシリコン基板（非透光性基板）に接触する側の面上に透明導電膜を形成したものである。以下、この空間光変調素子の構成を（第1実施例）及び（第2実施例）に基づいて詳細に説明する。

【0184】（第1実施例）図55は、実施の形態14の第1実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。図55においてシリコン基板202は、実施の形態2で説明したように透光性のガラス基板201上に形成されている。そして、ガラス基板201とシリコン基板202の間には透明導電膜1401が形成されている。この透明導電膜1401は可視光に於いて透明であるため、貫通孔103の出口部分を含むガラス基板201とシリコン基板202の間の全面に設けることができる。

【0185】透明導電膜1401はシリコン基板202と接触しているため、シリコン基板202と同電位になり、よって貫通孔103内部の壁とも同電位になる。したがって、ガラス基板201上で貫通孔103に露出している透明導電膜1401の面は貫通孔103内部の壁と同電位になる。

【0186】このような構成において、シャッタ105の遮光板105aが閉状態から開状態に移行するとき、遮光板105aは貫通孔103内部の壁との間の静電引力だけでなく、貫通孔103に露出している透明導電膜1401との間の静電引力によっても貫通孔103内部の壁方向に引き寄せられる。したがって、閉から開状態になる際に遮光板105aが受ける静電引力をより強くすることができるため、シャッタ105の応答スピードの向上、シャッタ寸法の小型化、あるいは印加電圧の低減を図ることができる。

【0187】また、透明導電膜1401はガラス基板201の周辺部で電源電圧Vddに接続されている。この

ように透明導電膜1401に電源電圧Vddを印加する構成としているため、透明導電膜1401を介して駆動回路1101に電源電圧を供給することができる。したがって、シリコン基板202上に電源電圧を供給する配線（いわゆる電源ライン）を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線の配置に余裕を持たせることができる。また、透明導電膜1401はガラス基板201全面に設けられているため、シリコン基板202上に配線した場合よりガラス基板201の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗を遥かに小さくすることができる。これにより、高抵抗な電源ラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0188】（第2実施例）図56は、実施の形態14の第2実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。この第2実施例に係る空間光変調素子は、実施の形態13で説明したように、シリコン基板202を透過する光による画質の低下を防ぎつつ、シャッタの応答速度等を向上させたものである。

【0189】図56に示す空間光変調素子において、貫通孔103の出口部分には透明導電膜1401が設けられ、貫通孔103の出口以外のガラス基板201とシリコン基板202との間には遮光層兼低抵抗層1402が設けられている。遮光層兼低抵抗層1402は、ガラス基板201又はシリコン基板202の周辺部で電源電位（Vdd）に接続されている。したがって、遮光層兼低抵抗層1402からシリコン基板202、バイア電極1202を介して、駆動回路1101に電源が供給される。

【0190】また、透明導電膜1401も、ガラス基板201又はシリコン基板202の周辺部で電源電位（Vdd）に接続されている。したがって、ガラス基板202上で貫通孔103に露出している面は貫通孔103内部の壁と同電位になる。このような構成において、シャッタ105の遮光板105aが閉状態から開状態に移行するとき、遮光板105aは貫通孔103内部の壁との間の静電引力だけでなく、貫通孔103に露出している透明導電膜1401との間の静電引力によっても貫通孔103内部の壁に引き寄せられる。したがって、閉から開状態になる際に遮光板105aが受ける静電引力をより強くすることができるため、シャッタ105の応答スピードの向上、シャッタ寸法の小型化及び印加電圧の低減を図ることができる。

【0191】また、遮光層兼低抵抗層1402はガラス基板201のほぼ全面に存在するため、シリコン基板202上に配線した場合よりガラス基板201の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗を遥かに小さくすることができる。これにより、高抵抗な電源ラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0192】更に、貫通孔103の出口に設けられた透明導電膜1401と遮光層兼低抵抗層1402を一部重ねることにより、特にガラス基板201又はシリコン基板202の周辺から透明導電膜1401に直接電源を供給する必要をなくすることができる。

【0193】以上説明した図55及び図56に示す第1及び第2実施例の空間光変調素子では、マイクロレンズ基板102にGNDラインとしての透明導電膜1001（実施の形態10参照）が設けられているが、特にこれが無くても上記効果を得ることができる。また、透明導電膜1401又は遮光層兼低抵抗層1402を介してシリコン基板202上の駆動回路1101に電源を供給するという構成としなくても、シャッタ105応答スピードの向上、シャッタ寸法の小型化及び印加電圧の低減を図るという効果を得ることができることはいうまでもない。

【0194】なお、本実施の形態14に係る空間光変調素子においても、図10に示すように3枚のシャッタ105を一組にし、従来技術3のように異なる角度からRGBの三原色に分解した光を入射することにより、各シャッタ105でそれぞれに対応する色の光の制御を行うことができる。これにより、一枚の空間光変調素子により、フルカラー表示が可能な投写型ディスプレイを実現することができる。

【0195】〔実施の形態15〕実施の形態2で説明したように、空間光変調素子に用いる基板としては、Si等の半導体材料でできている非透光性基板とガラス等の可視光に対して透過である透光性基板を積層したものにすることが望ましい場合がある。このような基板を得るためには製造過程で非透光性基板と透光性基板とを接合する必要がある。この接合の方法としては半導体、特にシリコンとガラスの間に電圧を印加し、300℃程度に熱して接合を行ういわゆる陽極接合が挙げられる。ところが、陽極接合を行う際に印加される電圧は1kV程度であるため、半導体基板の表面、即ちシャッタ105が形成されている表面から電圧を印可すると表面に形成されている駆動回路やシャッタが高い電圧のエネルギーにより破壊されてしまうことがある。

【0196】また、シャッタ105が形成される非透光性基板には、シャッタ105だけでなく、シャッタ105に電圧を印加するためのトランジスタやこれに信号、電源を供給するための配線等で構成される駆動回路1101が配置される。一方、シャッタ105が形成される非透光性基板には光を通過させるための貫通孔103が形成されている。したがって、貫通孔103の存在により駆動回路1101を非透光性基板に配置する面積が少なくなる。特に、電源及びGNDラインは配線幅が狭いと配線抵抗が高くなり、空間光変調素子の誤動作の原因となる。

【0197】また、実施の形態15に係る空間光変調

素子は、空間光変調素子の機械的剛性を低下することなく、空間光変調素子を用いて得られる画像の輝度・画質の向上を図り、半導体等の非透光性基板とガラス等の透光性基板を接合する陽極接合の際、シャッタや駆動回路が破壊されることを防止し、駆動回路の配置に余裕を持たせ、更には電源又はGND配線の配線抵抗を低くしたものである。

【0198】図57は、実施の形態15に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。図57に示す空間光変調素子において、シャッタ105が形成された非透光性基板であるシリコン基板202は、低抵抗層1501を介して透光性基板であるガラス基板201に接合されている。低抵抗層1501は、n型の不純物を高濃度にドーピングして作製した拡散層であり、シリコン基板202の周辺部で図示しない電源電位(Vdd)に接続されている。この低抵抗層1501からシリコン基板202、バイア電極1202を介して、駆動回路1101に電源が供給される。なお、低抵抗層1501から駆動回路1101に電源を供給する機構については実施の形態12で図52を用いて説明したため、ここではその説明を省略する。

【0199】このように、実施の形態15の空間光変調素子によれば、シリコン基板202上に電源電圧を供給する配線を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線の配置に余裕を持たせることができる。また、低抵抗層1501はシリコン基板202裏面全面に存在するため、シリコン基板202上に配線した場合よりシリコン基板202の周辺から各シャッタの駆動回路までの配線抵抗を遥かに小さくすることができる。これにより高抵抗な電源ラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0200】また、ガラス基板201とシリコン基板202とは、前述したように接合の強さ、接着剤が不要などの理由から陽極接合により接合される場合が多い。陽極接合は、300℃の雰囲気中でシリコン基板202とガラス基板201間にシリコン側から1kV程度の電圧を印加して行われる。このとき、1kVの高電圧によりシリコン基板202上の回路が破壊されることがある。これはシリコン基板202上の回路を介して電圧を印加するためである。

【0201】実施の形態15の空間光変調素子では、低抵抗層1501をシリコン基板202のシャッタ105と反対側の面に設けたため、図58に示すように低抵抗層1501とガラス基板201との間に高電圧を印加することができる。よって、シリコン基板202上の回路から高電圧を印加する必要がなく、陽極接合の工程でシリコン基板202上の回路が破壊されることを防止することができる。なお、1502は接合用電極を示している。

【0202】また、低抵抗層1501は電源電位Vddに

【0213】図59は、実施の形態16の第1実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。シャッタ105が作製されている非透光性基板であるシリコン基板202は、遮光層1601を介して透光性基板であるガラス基板201に接合されている。遮光層1601は、ガラス基板201とシリコン基板202との間に設けられ、シリコン基板202の表面に形成されている。



って、シリコン基板202に形成された貫通孔103の開口部以外の部分に設けられる。

【0214】このように遮光層1601を設けることにより、薄いシリコン基板202を透過した可視光が貫通孔103以外から漏れることを防止することができる。よって、空間光変調素子から投射される画像のコントラストを向上させることができる。

【0215】なお、可視光を吸収する遮光層1601には、InAs、GaSb、InSb、PbS、PbTe、Te又は(株)東芝製のIR-DIB、IR-DIA等の材料を用いることができる。

【0216】シリコン基板202としての非透光性基板としては、Siの他、Ge、Cなどの半導体、或いはGa、As、In、P、Alなどから構成される化合物半導体(GaAs、GaP、GaInAsP、InP等)、或いはZn、Te、S、Se、Cdなどから構成される化合物半導体(ZnSe、CdS、CdTe等)等の材料を用いることができる。

【0217】また、ガラス基板201としての透光性基板としては、石英、ホウケイ酸ガラス(例えばコーニング(社)の7740、7070)、低融点ガラス、ソーダガラス等の材料を用いることができる。

【0218】(第2実施例)図60は、実施の形態16の第2実施例に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。第2実施例の空間光変調素子では、実施の形態12で説明した低抵抗層1201(図51参照)を適用し、第1実施例の遮光層1601に代えて導電性の遮光層兼低抵抗層1602としている。

【0219】この遮光層兼低抵抗層1602は、シリコン基板202の周辺部で図示しない電源電位(Vdd)に接続されている。したがって、この遮光層兼低抵抗層

1602からシリコン基板202、バイア電極1202を介して、駆動回路1101に電源が供給される。このようにシリコン基板202上に電源電圧を供給する配線を設ける必要がないため、シリコン基板202上のトランジスタや他の配線の配置に余裕を持たせることができる。また、遮光層兼低抵抗層1602はシリコン基板202の裏面全面に存在するので、シリコン基板202の周辺から各シャッタ105の駆動回路1101までの配線抵抗を、シリコン基板202上に配線した場合より遥かに小さくすることができる。これにより高抵抗な電源電圧ラインを原因とする空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0220】また、遮光層兼低抵抗層1602は電源電圧ラインとして用いるだけでなく、シリコン基板202上の駆動回路1101に接地電位を供給するためのGN Dラインとしても使用することができる。

【0221】遮光層兼低抵抗層1602の材料としては、InAs、GaSb、InSb、PbS、PbTe、Teに低抵抗化のための不純物をドーピングしたもの、金属材料であるAg、Au、Cd、Pb、Cu、Pd、Pt、Sn、Zn、特に好ましくは、酸化シリコンとの密着性の良い、Al、Co、Cr、Fe、Mg、Mo、Ni、Ta、Ti、V、W、Zr等を用いることができる。

【0222】また、遮光層兼低抵抗層1602は非透光性基板と透光性基板間とを接合する接着剤としての機能もある。この場合の材料としては、エポキシ系の導電性接着剤や、表2に示す合金溶剤を用いることができる。

【0223】

【表2】

Sn/Pb 合金系溶剤	Sn/Pb
Pb 基合金溶剤	Pb/In Pb/Ag Pb/Sb Pb/In/Ag Pb/Ag/Sb Pb/In/Sb Pb/Sn/Sb
Sn 基合金溶剤	Sn/Sb Sn/Ag Sn/Au Sn/Pb/Cu
In 基合金溶剤	In/Sn In/Ag In/Pb In/Ag/Pb
Bi 基合金溶剤	Bi/Sn Bi/Sn/Pb Bi/Sn/Cd Bi/Sn/In
Au 基合金溶剤	Au Au/Si Au/Ge Au/Sn Au/In Au/Sb Au/Ga Au/Pb Au/Cu
Al 基合金溶剤	Al/Si Zn/Ge/Al
Zn 基合金溶剤	Zn/Ge Zn/Al Zn/Ag/Ge Zn/Sb Zn

【0224】遮光層兼低抵抗層1602を用いた場合、シリコン基板202とガラス基板201とを陽極接合する際に、遮光層兼低抵抗層1602を電極として遮光層兼低抵抗層1602とガラス基板201間に高電圧を印加することができるため、シリコン基板202上に形成された回路に高電圧を印加する必要がなくなる（図58参照）。したがって、ガラス基板201とシリコン基板202とを陽極接合する際に、シリコン基板202上の回路が破壊されることが少なくなり歩留まりが向上する。

【0225】なお、図59及び図60に示す第1及び第2実施例の空間光変調素子においては、マイクロレンズ基板102にGNDラインとしての透明導電膜1001が設けられているが、特にこれが無くても上記効果を得ることができる。

【0226】また、本実施の形態15に係る空間光変調素子においても、図10に示すように3枚のシャッタ105を一組にし、従来技術3のように異なる角度からRGBの三原色に分解した光を入射することにより、各シャッタ105でそれぞれに対応する色の光の制御を行うことができる。これにより、一枚の空間光変調素子により、フルカラー表示が可能な投写型ディスプレイを実現することができる。

【0227】

【発明の効果】以上説明したように本発明の空間光変調素子（請求項1）によれば、光を集光するレンズと、レンズで集光された光が入射され、光を通過させる貫通孔を備えた基板と、基板に設けられ、貫通孔に入射された光

の通過・非通過を制御するシャッタとを備えているため、開口率を低下させることなく、貫通孔の開口部の基板表面全体に占める割合を従来のものより低くでき、基板上に駆動回路等を設けるためのスペースを確保することができる。また、シャッタの移動距離を小さくことができ、静電引力によるシャッタ開閉動作を容易に行うことができる。したがって、より簡単な工程により製造可能で、かつ誤動作が少ない空間光変調素子を得ることができる。そしてこの空間光変調素子によれば、スクリーン上にコントラストの高い画像等を結像することができる。

【0228】また、本発明の空間光変調素子（請求項2）によれば、請求項1記載の空間光変調素子において、基板が、光を透過する透光性基板と、透光性基板上に形成され、光を透過しない非透光性基板とからなり、非透光性基板が、貫通孔とシャッタとを備えることにしたため、貫通孔に入射された光が貫通孔内部の壁面により散乱されることを防止できる。したがって、空間光変調素子を用いて得られる画像の輝度・画質を向上することができる。

【0229】また、本発明の空間光変調素子（請求項3）によれば、請求項1又は2記載の空間光変調素子において、貫通孔内部の壁面が、基板表面に対して傾斜しているため、より小さなビームウェストのスポット径を持つ光を開口部に入射することができる。したがって、空間光変調素子の大きさを小さくできると共に、この空間光変調素子を用いて得られる画像の輝度・画質を向上することができる。

【0230】また、本発明の空間光変調素子（請求項4）によれば、請求項3記載の空間光変調素子において、シャッタが、貫通孔の開口部に設けられて光を遮光する遮光部材と、貫通孔内部の壁面方向に遮光板を旋回可能に支持する支持部材とからなり、シャッタと貫通孔内部の壁との間に電圧を印加してシャッタを開くことにしたため、シャッタと貫通孔内部の壁との間に働く静電引力を強くすることができる。したがって、開口率を下げることなく、かつフラップ型のシャッタの駆動電圧を高くすることなく、シャッタを小型化し、空間光変調素子の小型化及び低コスト化を図ることができる。

【0231】また、本発明の空間光変調素子（請求項5）によれば、請求項1から4のいずれかに記載の空間光変調素子において、シャッタを備えた基板が、単結晶基板であり、貫通孔が、結晶軸異方性エッチングにより単結晶基板中に形成されることにしたため、高いエッチングスピードで貫通孔を形成することができると共に、形状の精度が高い貫通孔を得ることができる。したがって、誤動作の少ない低コストな空間光変調素子を得ることができる。

【0232】また、本発明の空間光変調素子（請求項6）によれば、請求項5記載の空間光変調素子において、単結晶基板が、（110）面の面方位を持つ単結晶シリコンからなり、シャッタが、貫通孔の開口部の単結晶基板の〈110〉軸に平行な辺に設けられることにしたため、基板中の貫通孔の密度を高くできる。したがって、空間光変調素子の小型化及び低コスト化を図ることができる。

【0233】また、本発明の空間光変調素子（請求項7）によれば、請求項6記載の空間光変調素子において、貫通孔が、単結晶基板内にハニカム状に配列されることにしたため、より高い密度でシャッタを配置でき、開口率を高くすることができる。その結果、空間光変調素子を介してスクリーンに投影された画像の輝度を向上することができる。また、空間光変調素子の小型化を図ることができる共に、あまり高い密度でシャッタを配置しない場合は、シャッタやレンズに要求される性能を低くし、空間光変調素子の設計の余裕度・自由度を高めることができる。

【0234】また、本発明の空間光変調素子（請求項8）によれば、請求項1から7のいずれかに記載の空間光変調素子において、レンズを複数有したレンズ基板を備え、レンズ基板とシャッタが形成された基板との間の空間を封止して真空又はほぼ真空とし、当該空間内にシャッタを位置させることにしたため、シャッタの動作速度や応答の低下及び腐食等を防止することができると共に、空間光変調素子の光学的性能の低下をも防止することができる。

【0235】また、本発明の空間光変調素子（請求項9）によれば、請求項8記載の空間光変調素子において、

で、レンズ基板上の空間を封止し、当該空間の気圧を大気圧より低くしかつ真空又はほぼ真空とした空間の気圧より高くすることにしたため、厚みが薄く、剛性が低いマイクロレンズ基板を用いた場合であっても、シャッタをマイクロレンズ基板と基板との間に形成された真空又はほぼ真空の領域に配置することができる。したがって、シャッタの動作速度や応答の低下及び腐食等を防止することができる共に、空間光変調素子の光学的性能の低下をも防止することができる。

【0236】また、本発明の空間光変調素子（請求項10）によれば、請求項1から9のいずれかに記載の空間光変調素子において、レンズ基板が、シャッタ側の面に透光性導電層を備え、透光性導電層と貫通孔内部の壁とシャッタとにそれぞれ所定の電圧を印加してシャッタを開閉させることにしたため、シャッタが開から閉に遷移する場合に於いても、動画表示に必要な速い応答速度でシャッタが動くようにすることができる。

【0237】また、本発明の空間光変調素子（請求項11）によれば、請求項10記載の空間光変調素子において、シャッタが設けられた基板が、シャッタを駆動する駆動回路を備え、透光性導電層と駆動回路とを電気的に接続すると共に、透光性導電層に駆動回路の基準電圧又は電源電圧を印加することにしたため、駆動回路の配置に余裕を持たせることができると共に、電源又はGND配線の配線抵抗を低くすることができる。したがって、空間光変調素子の誤動作を少なくすることができる。

【0238】また、本発明の空間光変調素子（請求項12）によれば、請求項1又は請求項3から11のいずれかに記載の空間光変調素子において、基板が、シャッタが設けられた面の反対側の面に低抵抗層を備えることにしたため、基板上に接地電位を供給する配線（いわゆるGNDライン）又は電源ラインを設ける必要をなくすることができる。したがって、基板上のトランジスタや他の配線に余裕ができ、駆動回路までの配線抵抗を低減することができる。よって、空間光変調素子の設計の自由度を向上させることができ、また、空間光変調素子の誤動作の低減を図ることができる。

【0239】また、本発明の空間光変調素子（請求項13）によれば、請求項1又は請求項3から11のいずれかに記載の空間光変調素子において、基板が、シャッタが設けられた面の反対側の面に遮光層を備えることにしたため、迷光が半導体基板を透過し、スクリーン上の画像のコントラストや輝度を低下することを防止することができる。また、基板上に接地電位を供給する配線（いわゆるGNDライン）又は電源ラインを設ける必要をなくすることができるため、基板上のトランジスタや他の配線に余裕ができ、駆動回路までの配線抵抗を低減することができる。よって、空間光変調素子を設けた投影型ディスプレイの画質の向上及び誤動作の低減を図ることができる。



【0240】また、本発明の空間光変調素子（請求項14）によれば、請求項2から11のいずれかに記載の空間光変調素子において、透光性基板が、非透光性基板に接触する面上に透光性電層を備えることにしたため、駆動電圧を高くすることなく、シャッタに働く静電引力を大きくすることができる。したがって、より低い駆動電圧でのシャッタ動作を実現できるため、空間光変調素子の小型化、応答速度の向上を図ることができる。

【0241】また、本発明の空間光変調素子（請求項15）によれば、請求項2から14のいずれかに記載の空間光変調素子において、透光性基板と非透光性基板の間に低抵抗層を設けることにしたため、低抵抗層を電極として透光性基板と非透光性基板とを陽極接合により接合することができ、非透光性基板側の回路に高電圧が印加されて回路が破壊されるということを防止することができる。したがって、空間光変調素子の製造上の歩留まりを向上させることができる。また、非透光性基板上に接地電位を供給する配線（いわゆるGNDライン）又は電源ラインを設ける必要がないため、非透光性基板上のトランジスタや他の配線に余裕ができ、駆動回路までの配線抵抗を低減することができる。したがって、空間光変調素子の機械的剛性の低下を防止し、設計自由度の向上及び誤動作の低減を図ることができると共に、空間光変調素子を用いて得られる画像の輝度・画質を向上することができる。

【0242】また、本発明の空間光変調素子（請求項16）によれば、請求項2から14のいずれかに記載の空間光変調素子において、透光性基板と非透光性基板の間に遮光層を設けることにしたため、非透光性基板上に接地電位を供給する配線（いわゆるGNDライン）又は電源ラインを設ける必要をなくすることができる。したがって、非透光性基板上のトランジスタや他の配線に余裕ができ、駆動回路までの配線抵抗を低減することができる。よって、空間光変調素子の機械的剛性を低下することなく、設計自由度の向上及び誤動作の低減を図ることができると共に、空間光変調素子を用いて得られる画像の輝度・画質・コントラストを向上させることができる。また、遮光層を電極として非透光性基板と透光性基板間の陽極接合を行うことができる。したがって、非透光性基板上の回路に高電圧を印加する必要がないため、回路が破壊されることがなく、製造上の歩留まりを向上することができる。更に、遮光層を接着層として非透光性基板と透光性基板間の接合をすることができる。この場合は高電圧を印加する必要がないため、更に作成上の歩留まりを向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図2】図1に示す空間光変調素子を構成するフラップ型シャッタの構成を示す平面図である。

【図3】図2に示すフラップ型シャッタの線A-A'における断面図であり、(a)はシャッタを閉じた状態、(b)はシャッタを開いた状態をそれぞれ示している。

【図4】図2に示すフラップ型シャッタの線B-B'における断面図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係る空間光変調素子において、シャッタの閉状態での漏れ光量を説明するための説明図である。

【図6】従来の空間光変調素子において、シャッタの閉状態での漏れ光量を説明するための説明図である。

【図7】本発明の実施の形態1に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図8】図7に示す空間光変調素子の平面図である。

【図9】図7に示す空間光変調素子を構成するシャッタの開閉状態を説明するための説明図であり、(a)はシャッタを閉じた状態、(b)はシャッタを開いた状態をそれぞれ示している。

【図10】本発明の実施の形態1に係る空間光変調素子の応用例を示す説明図である。

【図11】本発明の実施の形態1に係る空間光変調素子において、開口部に入射された光の様子を説明する説明図である。

【図12】本発明の実施の形態2に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。

【図13】本発明の実施の形態2に係る空間光変調素子の製造過程を説明するための説明図である。

【図14】本発明の実施の形態3に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図15】本発明の実施の形態3に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図16】本発明の実施の形態3に係る空間光変調素子の第3実施例の構成を示す構成図である。

【図17】本発明の実施の形態3に係る空間光変調素子の第4実施例の構成を示す構成図である。

【図18】本発明の実施の形態4に係る空間光変調素子の構成を示す平面図である。

【図19】図19の線C-C'における断面図である。

【図20】図19の線D-D'における断面図である。

【図21】本発明の実施の形態5に係る空間光変調素子の構成を示す平面図である。

【図22】図21の線E-E'における断面図である。

【図23】図21の線F-F'における断面図である。

【図24】本発明の実施の形態6に係る空間光変調素子において、解決する課題を説明するための説明図である。

【図25】図24の線G-G'における断面図である。

【図26】図24の線H-H'における断面図である。

【図27】本発明の実施の形態6に係る空間光変調素子の構成を示す平面図である。

【図28】図27の線I-I'における断面図である。

【図29】図27の線J-J'における断面図である。

【図30】本発明の実施の形態6に係る空間光変調素子をアレイ状に並べた場合の様子を説明する説明図である。

【図31】単結晶シリコン基板の(100)面を用いた空間光変調素子をアレイ状に並べた場合の様子を示す説明図である。

【図32】本発明の実施の形態7に係る空間光変調素子において、マイクロレンズをハニカム状に並べた様子を説明する説明図である。

【図33】単結晶シリコン基板の(100)面を使用したシャッタをハニカム状に並べた様子を説明するための説明図である。

【図34】本発明の実施の形態7に係る空間光変調素子において、単結晶シリコン基板の(110)面を使用したシャッタをハニカム状に並べた様子を説明するための説明図である。

【図35】本発明の実施の形態7に係る空間光変調素子をフルカラー表示が可能な投写型ディスプレイに適用する場合の構成を説明するための説明図である。

【図36】本発明の実施の形態8に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図37】本発明の実施の形態8に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図38】本発明の実施の形態8に係る空間光変調素子の第3実施例の構成を示す構成図である。

【図39】本発明の実施の形態9に係る空間光変調素子において、解決する課題を説明するための説明図である。

【図40】本発明の実施の形態9に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図41】本発明の実施の形態9に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図42】本発明の実施の形態9に係る空間光変調素子の第3実施例の構成を示す構成図である。

【図43】本発明の実施の形態10に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図44】図43に示す空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートである。

【図45】図43に示す空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。

【図46】本発明の実施の形態10に係る空間光変調素子において、第2実施例の空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートである。

【図47】本発明の実施の形態10に係る空間光変調素子において、第2実施例の空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。

【図48】本発明の実施の形態10に係る空間光変調素子において、第3実施例の空間光変調素子の動作タイミングを示すタイミングチャートである。

【図49】本発明の実施の形態10に係る空間光変調素子において、第3実施例の空間光変調素子の動作を説明するための説明図である。

【図50】本発明の実施の形態11に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。

【図51】本発明の実施の形態12に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。

【図52】本発明の実施の形態12に係る空間光変調素子において、駆動回路の概略構成を示す構成図である。

【図53】本発明の実施の形態13に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図54】本発明の実施の形態13に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図55】本発明の実施の形態14に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図56】本発明の実施の形態14に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図57】本発明の実施の形態15に係る空間光変調素子の構成を示す構成図である。

【図58】図57に示す空間光変調素子を陽極接合を用いて製造する際、電圧の印加方法を説明するための説明図である。

【図59】本発明の実施の形態16に係る空間光変調素子の第1実施例の構成を示す構成図である。

【図60】本発明の実施の形態16に係る空間光変調素子の第2実施例の構成を示す構成図である。

【図61】従来の空間光変調素子の構成を説明するための説明図である。

【図62】従来の空間光変調素子の構成を説明するための説明図である。

【図63】従来の空間光変調素子の構成を説明するための説明図である。

【図64】投射型ディスプレイの構成を説明するための説明図である。

【図65】投射型ディスプレイの構成を説明するための説明図である。

#### 【符号の説明】

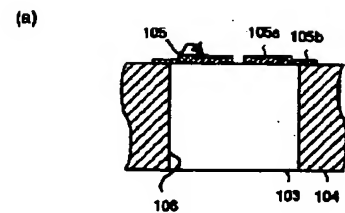
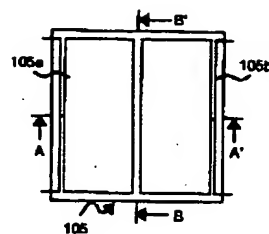
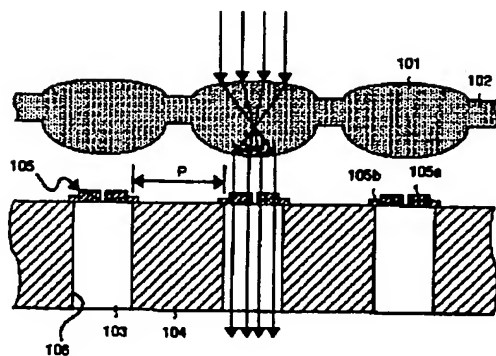
101	マイクロレンズ
102	マイクロレンズ基板
103	貫通孔
104	基板
105	シャッタ
105a	遮光板
105b	トーションバー
105c	ビーム
106	壁
107	固定電極
108	アンカー
109	配線
110	電圧

201	ガラス基板	1207	p-well層
202	シリコン基板	1208	n-mosトランジスタ
203	p型半導体基板	1209, 1210	ゲート電極
204	n型半導体層	1211	CMOSゲート入力端子
205	回路部	1301, 1601	遮光層
206	酸化膜 (又は窒化膜)	1302	遮光層兼低抵抗層
207	金属層	1401	透明導電膜
208	補強板	1402, 1602	遮光層兼低抵抗層
209	ガラス基板	1501	低抵抗層
301, 401, 601, 602, 603, 604	壁	1502	接合用電極
801	溶剤ガラス	1701	マイクロシャッタ
802	リードフレーム	1702	移動電極
803	ボンディングワイヤ	1703	ビーム
804	封止領域 (第1封止領域)	1704	基板
805	シール兼スペーサ	1705, 1706, 1707	電極
806	封止材	1708	開口
901	窓材	1708a	壁
902	第2封止領域	1709	フィルタ
903	ガラス台座	1710	光源
904	溶剤ガラス	1711	ダイクロイックミラー
1001	透明導電膜	1712	液晶パネル
1101	駆動回路	1713	液晶シャッタ
1102	電極	1714	マイクロレンズ
1201	低抵抗層	1715	フレネルレンズ
1202	バイア電極	1716	投射レンズ
1203	n型基板	1717	スクリーン
1206	p-mosトランジスタ	1718	ガラス基板

【図1】

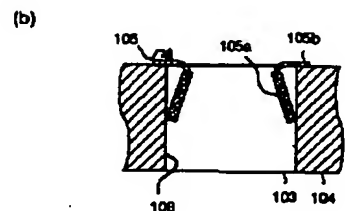
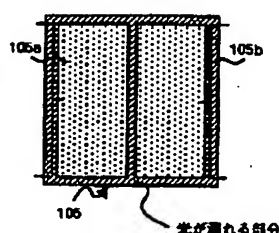
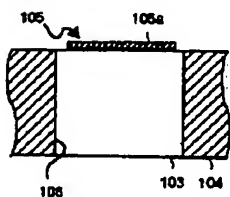
【図2】

【図3】

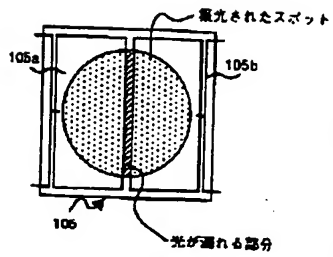


【図4】

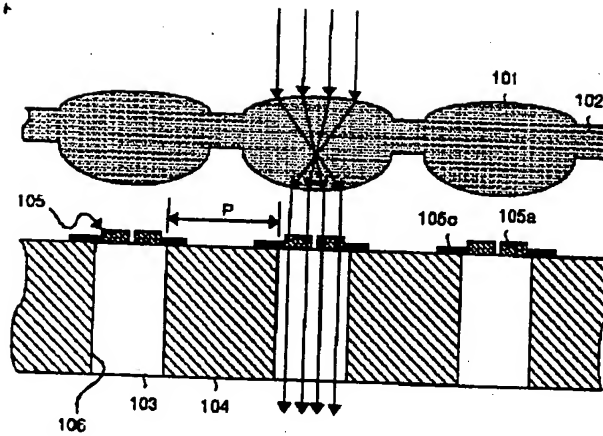
【図6】



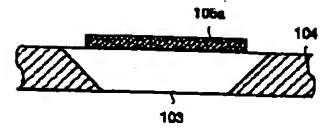
【図5】



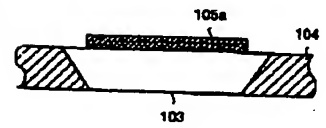
【図7】



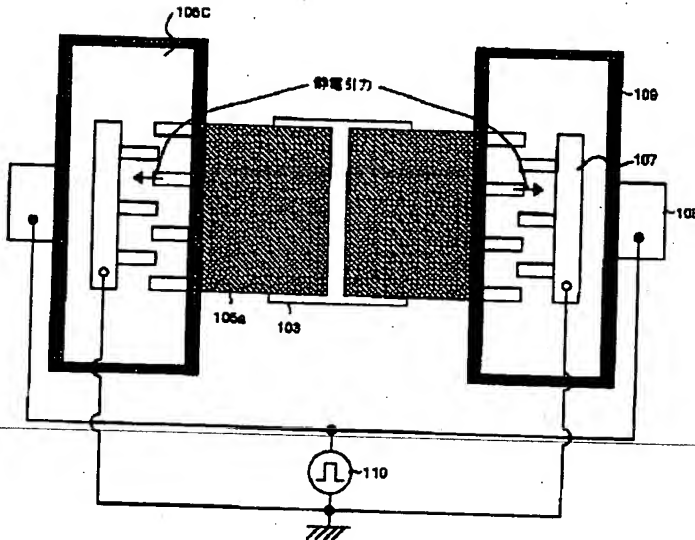
【図20】



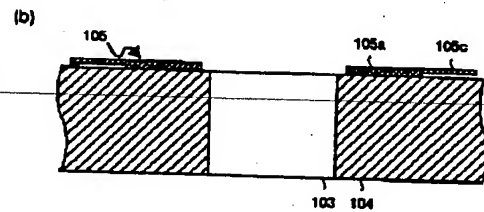
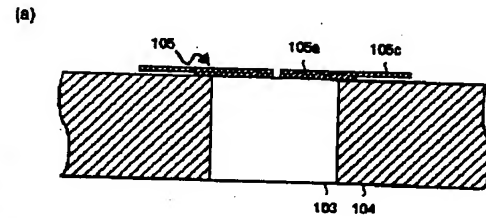
【図23】



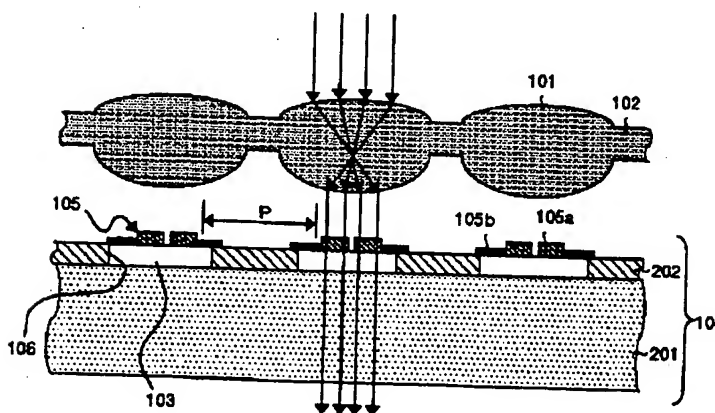
【図8】



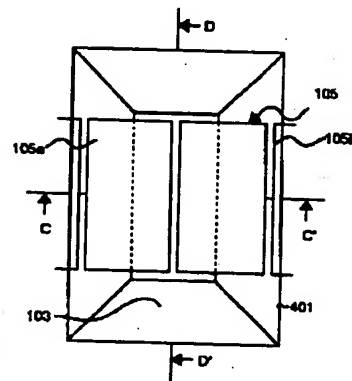
【図9】



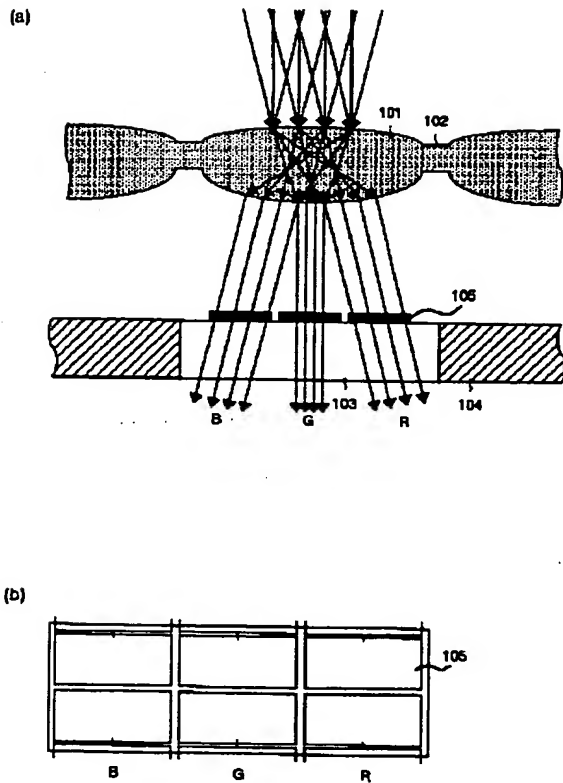
【図12】



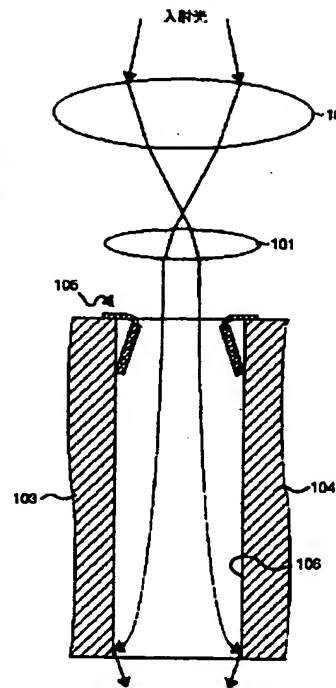
【図18】



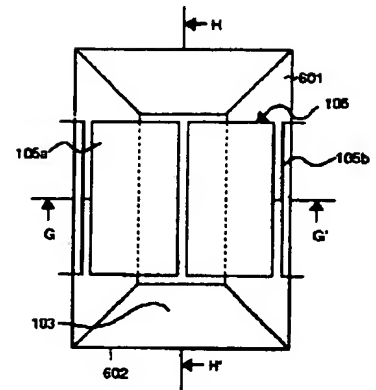
【図10】



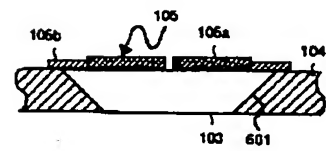
【図11】



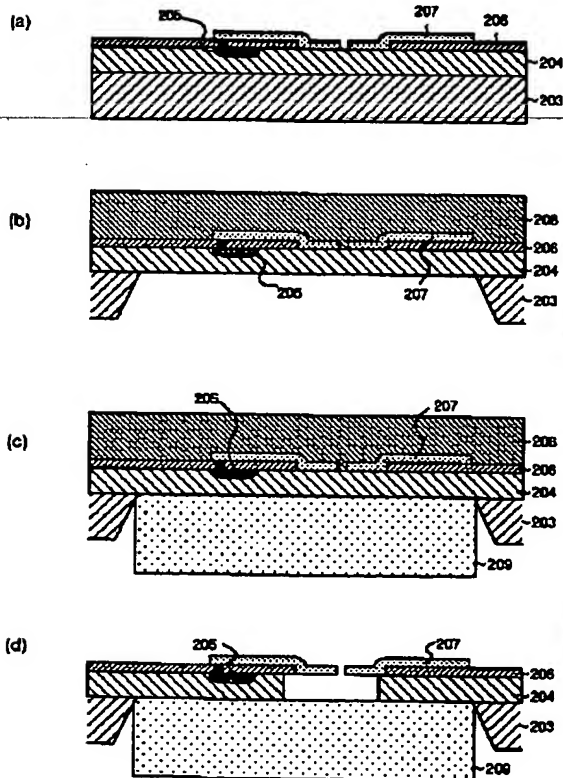
【図24】



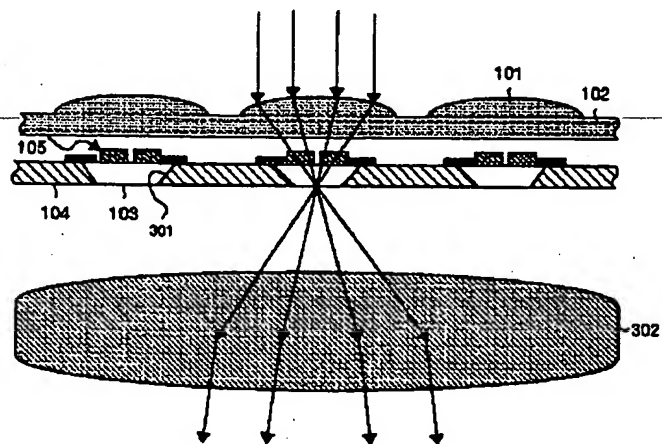
【図25】



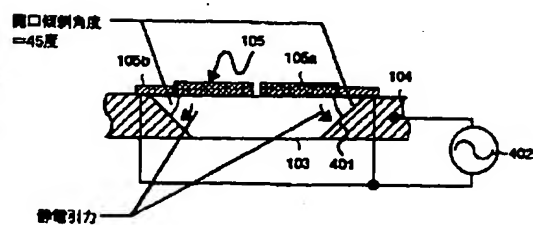
【図13】



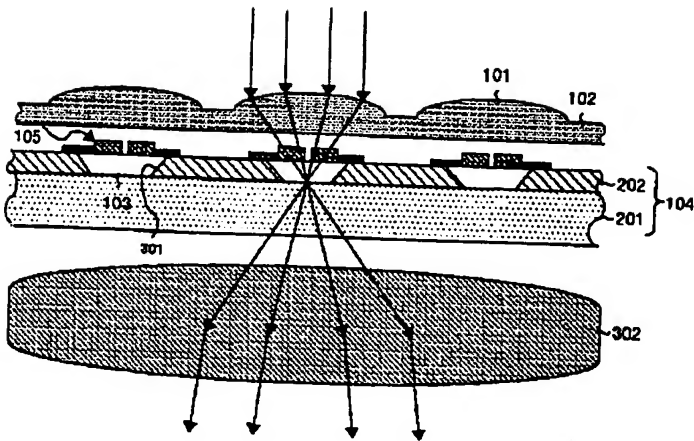
【図14】



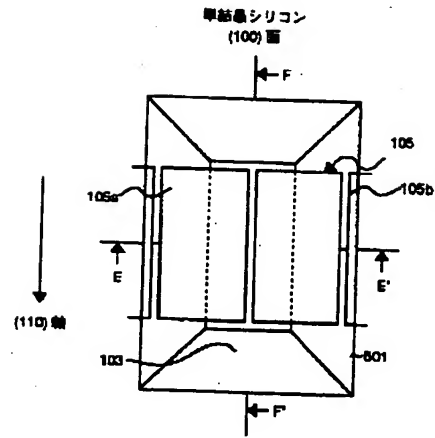
【図19】



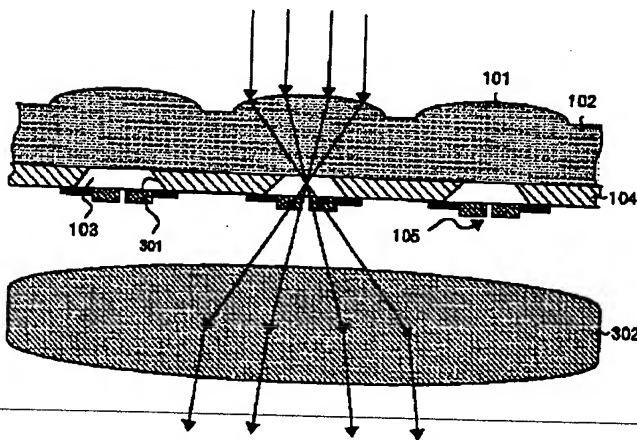
【図15】



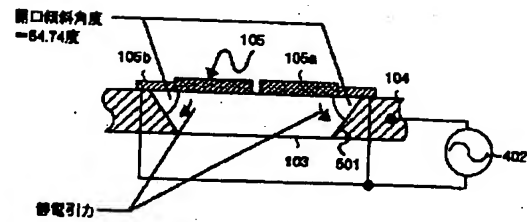
【図21】



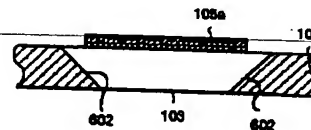
【図16】



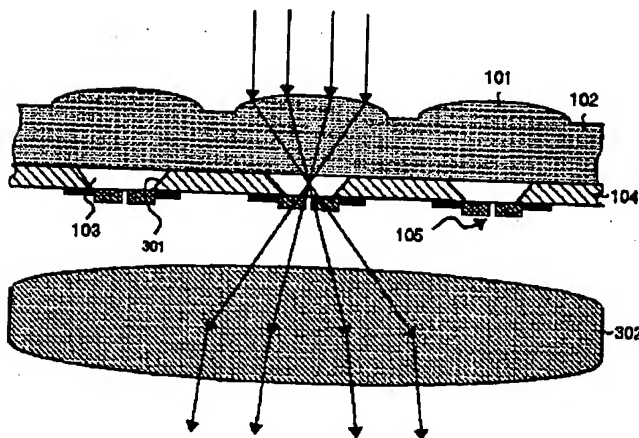
【図22】



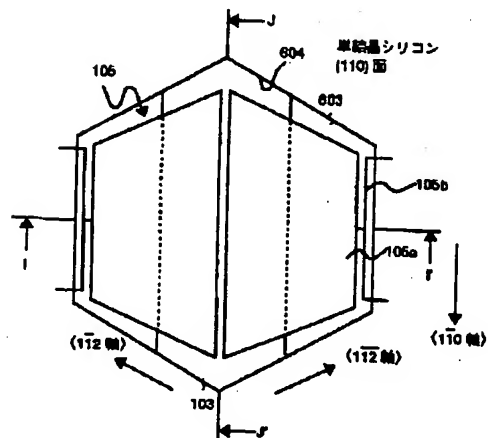
【図26】



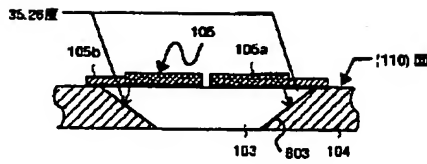
【図17】



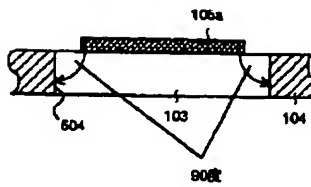
【図27】



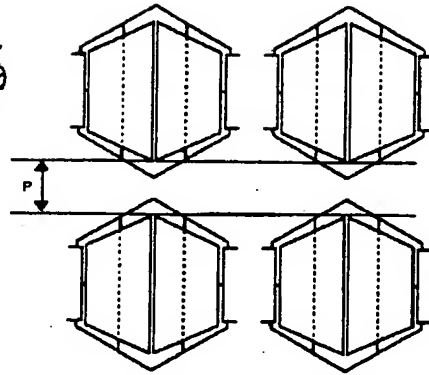
【圖28】



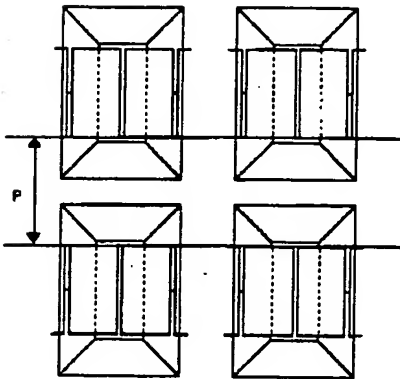
【図29】



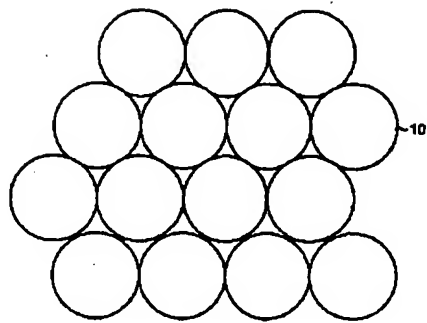
【图30】



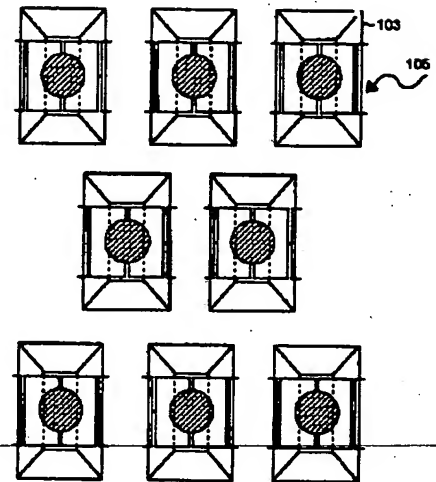
【図3 1】



【図32】

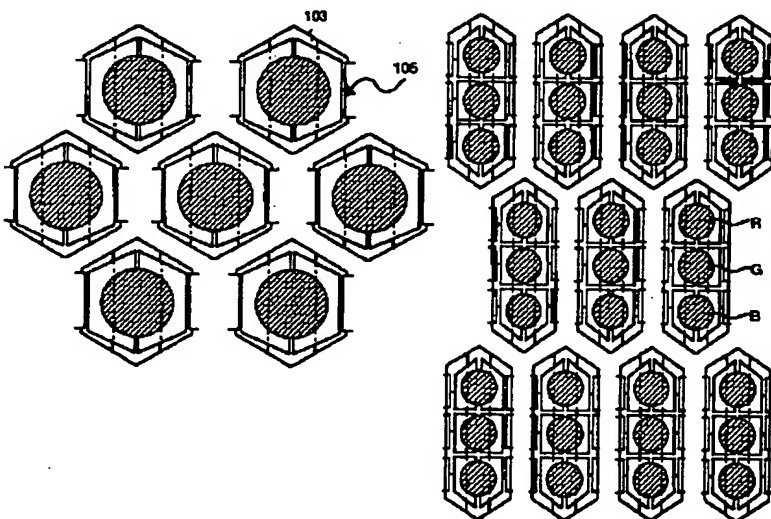


【図33】



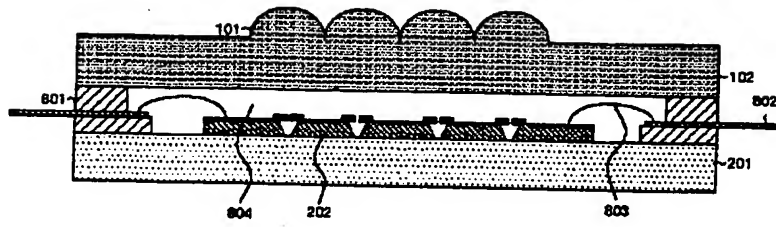
【図34】

【図35】

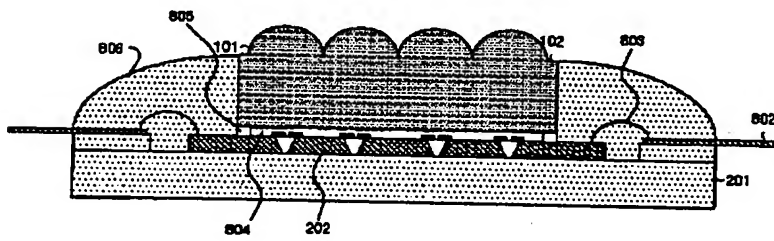




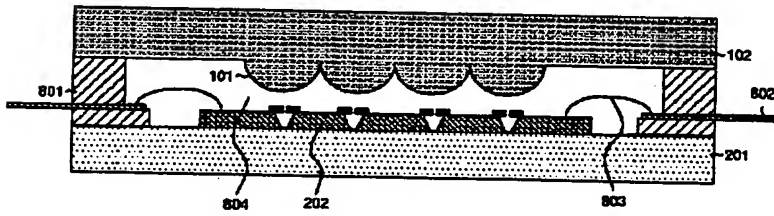
【図36】



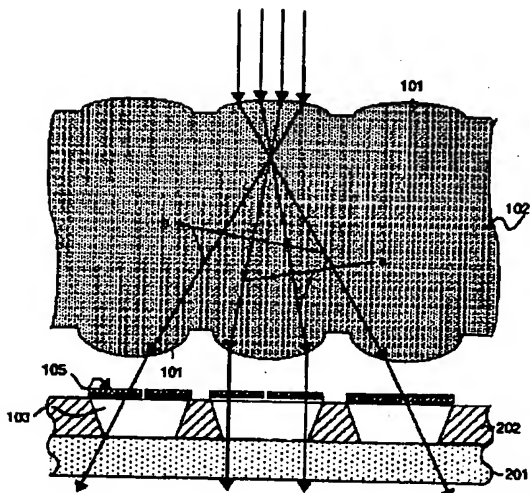
【図37】



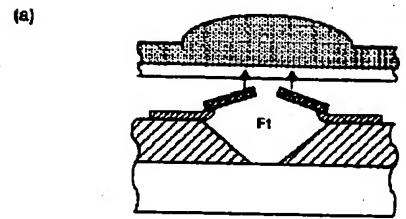
【図38】



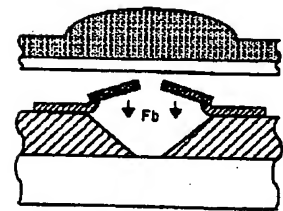
【図39】



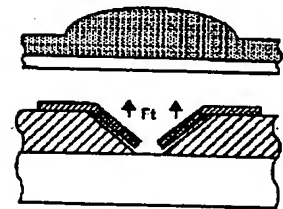
【図45】



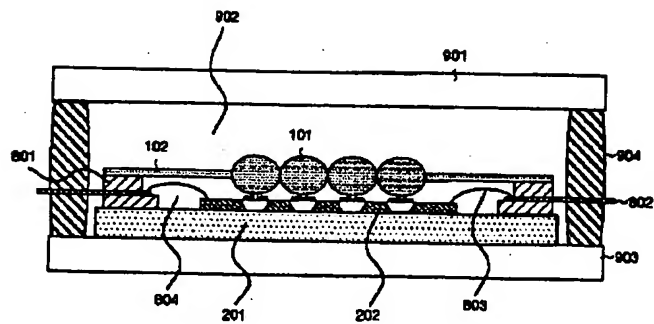
(b)



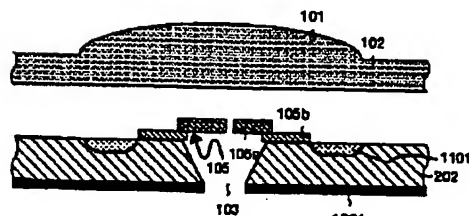
(c)



【図40】

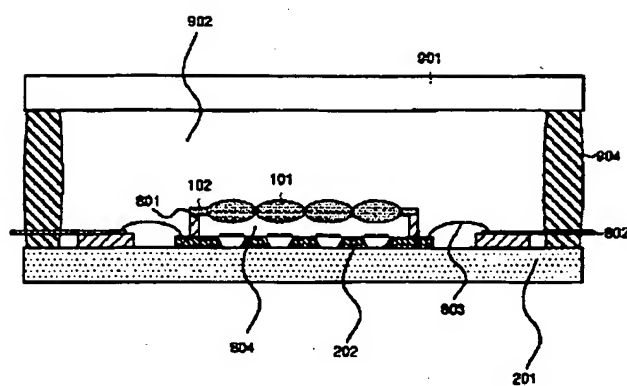


【図53】

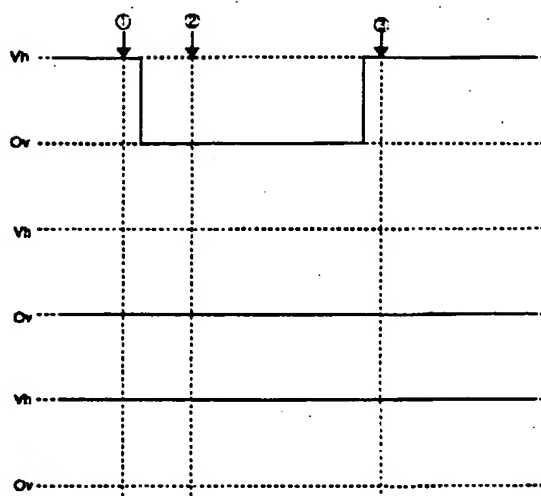




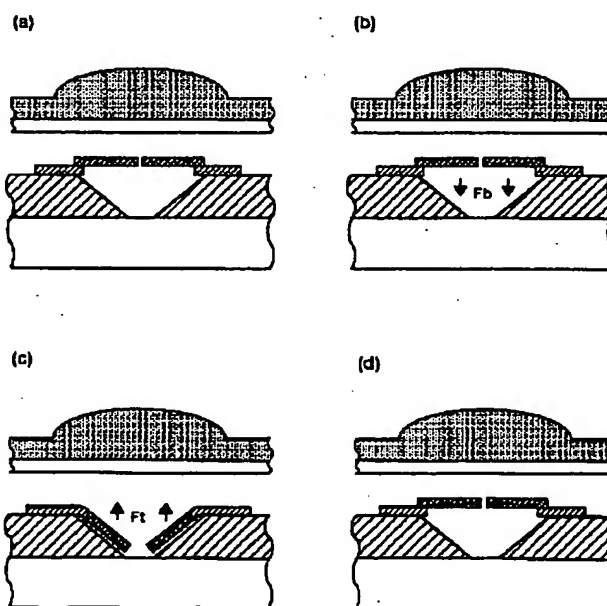
【图42】



【図44】

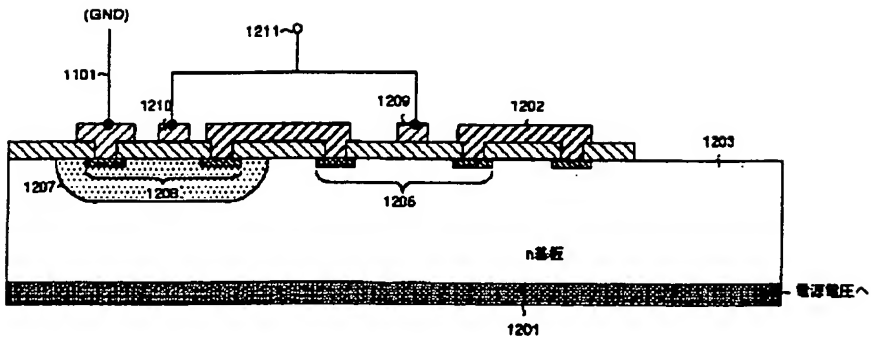


【☒47】

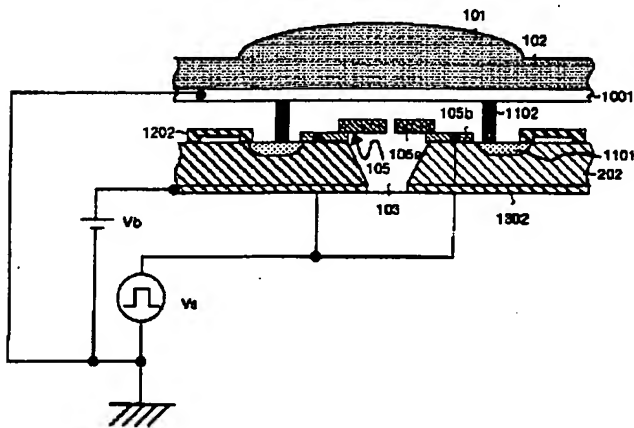




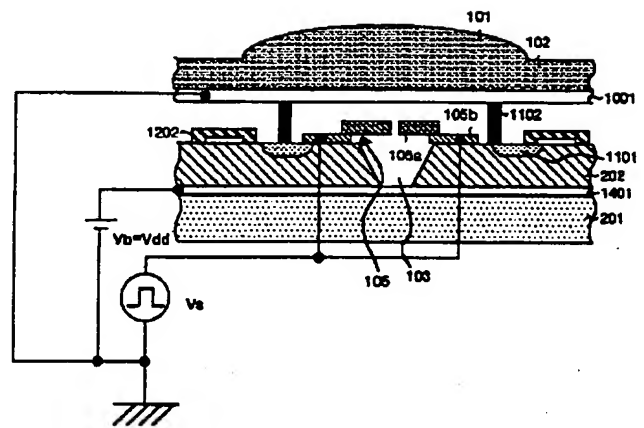
【図52】



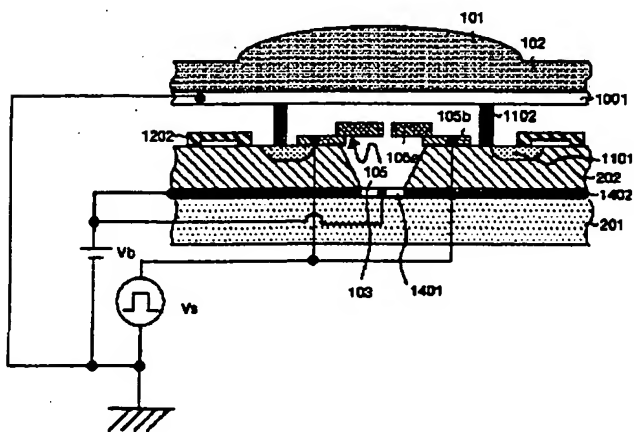
【図54】



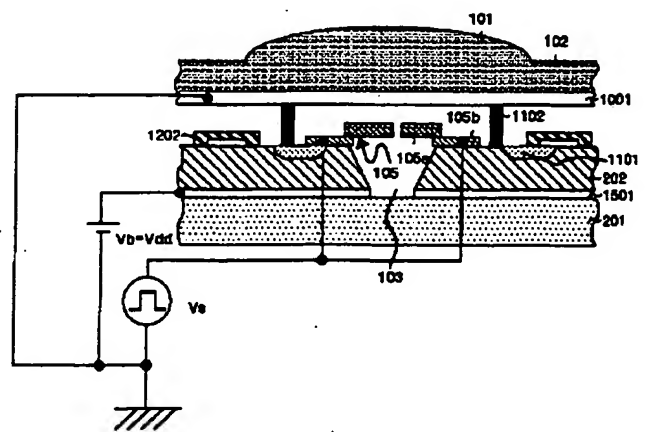
【図55】



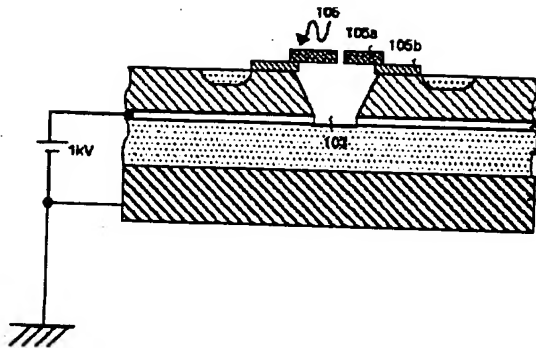
【図56】



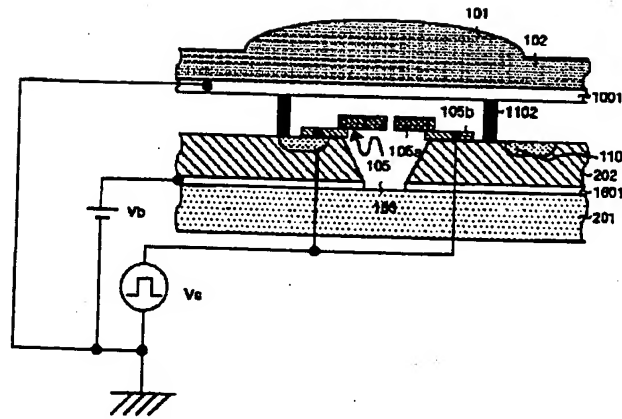
【図57】



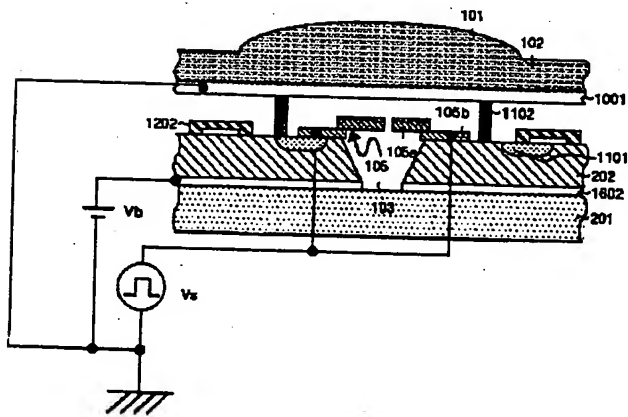
【図58】



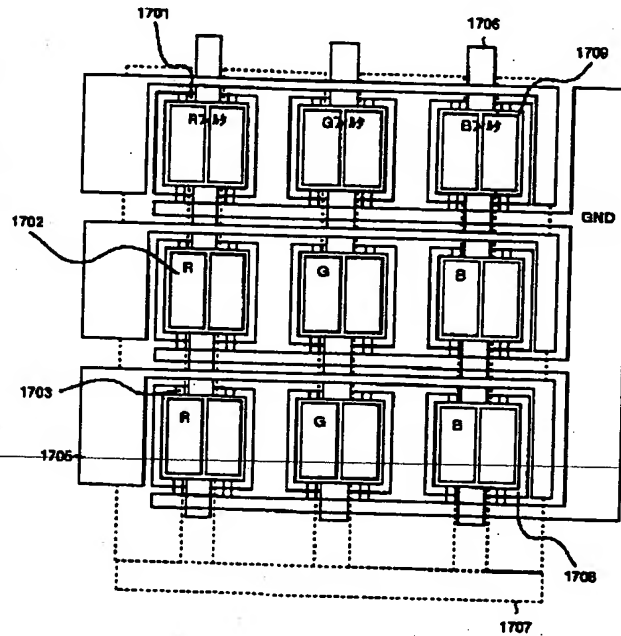
【図59】



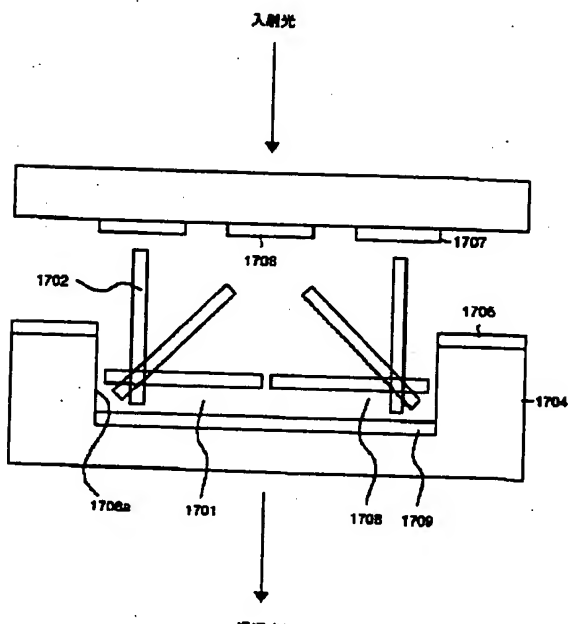
【図60】



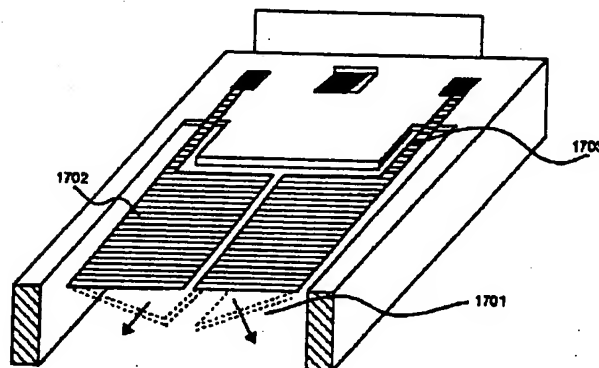
【図61】



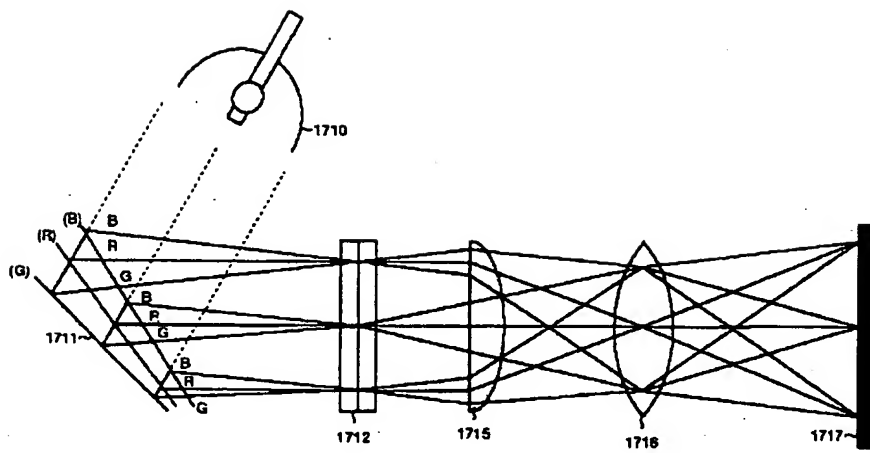
【図62】



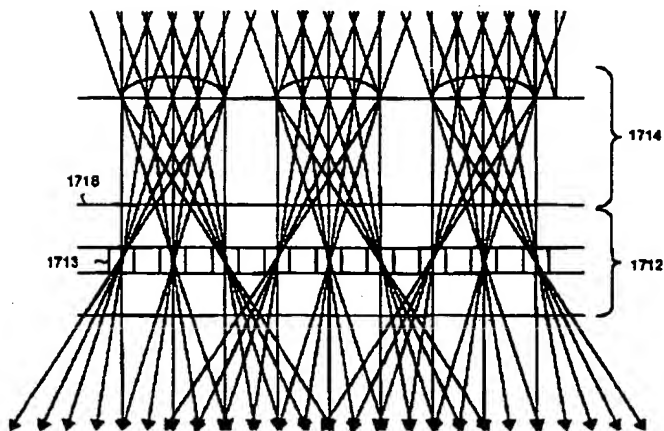
【図63】



【図64】



【図65】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**